



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN KANDUNGAN KLOOROFIL DI PERMUKAAN
LAUT MENGGUNAKAN DATA MODIS**

SKRIPSI

**MUHAMMAD MAHROZI
040403058X**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRO
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN KANDUNGAN KLOOROFIL DI PERMUKAAN
LAUT MENGGUNAKAN DATA MODIS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**MUHAMMAD MAHROZI
040403058X**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRO
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Muhammad Mahrozi

NPM : 040403058X

Tanda Tangan :

Tanggal : 01 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

PENENTUAN KANDUNGAN KLOOROFIL DI PERMUKAAN LAUT MENGGUNAKAN DATA MODIS

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam presentasi skripsi.

Depok, 01 Juli 2009

Dosen Pembimbing,

(Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng.)

NIP. 131 944 413

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Mahrozi

NPM : 040403058X

Program Studi : Elektro S1 Reguler

Judul Skripsi : PENENTUAN KANDUNGAN KLOOROFIL DI
PERMUKAAN LAUT MENGGUNAKAN DATA MODIS

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Elektro S1 Reguler, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng. ()

Penguji : Dr. Ir. Arman Djohan D., M. Eng ()

Penguji : Dr. Ir. Retno Wigajatri P., MT ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2009

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Anneke K. S. Manoppo, S.Pi. dan seluruh staf LAPAN, yang telah menerima kami dengan baik, serta membagi pengetahuannya dan memberikan sumber data;
- (3) Orang tua, keluarga dan teman saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 01 Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Mahrozi
NPM : 040403058X
Program Studi : S1 Reguler
Departemen : Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PENENTUAN KANDUNGAN KLOOROFIL DI PERMUKAAN LAUT
MENGUNAKAN DATA MODIS

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 01 Juli 2009
Yang menyatakan

(Muhammad Mahrozi)

ABSTRAK

Nama : Muhammad Mahrozi
Program Studi : Elektro S1 Reguler
Judul : PENENTUAN KANDUNGAN KLOOROFIL DI
PERMUKAAN LAUT MENGGUNAKAN DATA MODIS

Teknologi Penginderaan Jauh sangat tepat digunakan untuk memantau potensi kelautan Indonesia yang sangat luas. Dengan menggunakan satelit, pemantauan tidak perlu dilakukan secara langsung di lapangan (*In Situ*), sehingga dapat dilakukan dengan cepat dan dengan biaya yang relatif tidak mahal. Salah satu satelit Bumi milik NASA yang datanya dimanfaatkan secara bebas untuk kepentingan non-komersial adalah satelit EOS (*Earth Observing System*) TERRA/AQUA menggunakan sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*).

Pada skripsi ini akan dibahas metode pemanfaatan data MODIS untuk menghitung kandungan klorofil di permukaan laut. Ekstraksi informasi kandungan klorofil dilakukan terhadap data MODIS level 1b menggunakan algoritma ATBD 19 menjadi data level 2 (konsentrasi Klorofil dalam mg/m^3). Analisa dilakukan pada data MODIS harian tahun 2008 di 4 sampel daerah perairan di Indonesia untuk *single scene*, *multi scene* dan analisa konsentrasi klorofil. Hasil analisa menunjukkan konsentrasi klorofil tertinggi berada di sampel di Samudra Hindia pada bulan September. Data tahunan menunjukkan kandungan klorofil berubah secara dinamis mengikuti pola musim di Indonesia.

Kata kunci:

MODIS, Klorofil, Penginderaan Jauh, ATBD, TERRA/AQUA

ABSTRACT

Nama : Muhammad Mahrozi
Program Studi : Elektro S1 Reguler
Judul : DERIVATION OF CHLOROPHYLL CONCENTRATION
ON THE SEA SURFACE USING MODIS DATA

Remote sensing technology is the right solution to assess the sea resource potential in Indonesia. Using satellite, monitoring could be performed without in-situ measurement, therefore the analysis time will be short and inexpensive. A TERRA/AQUA, on of NASA's satellite with MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) sensor aboard could be used as resource data for free.

This final project research will describe how to extract MODIS data to achieve chlorophyll concentration on the sea surface. The steps started with information extraction of chlorophyll concentration from level 1b MODIS data and converted to level 2 using ATBD 19 algorithm. The analysis was performed to derive chlorophyll concentration from single scene MODIS data in 2008, multi scene and analysis chlorophyll concentration characteristic in 4 sample area. The analysis results showed the highest concentration is located in the Indian Ocean in September. The whole year results showed the dynamic value of chlorophyll concentration related to the season changes in Indonesia.

Key words:

MODIS, Chlorophyll, Remote Sensing, ATBD, TERRA/AQUA

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 PENGINDERAAN JAUH, SENSOR MODIS DAN KANDUNGAN KLOROFIL DI PERMUKAAN LAUT	4
2.1 Penginderaan Jauh	4
2.1.1 Konsep Penginderaan Jauh	5
2.1.2 Alat Penginderaan Jauh	6
2.1.3 Sistem Penginderaan Jauh	7
2.1.4 Data Hasil Penginderaan Jauh	10
2.2 Sensor MODIS	12
2.2.1 Komponen-komponen MODIS	13
2.2.2 Data MODIS	15
2.2.3 ATBD (<i>Algorithm Theoretical Basis Documents</i>)	16
2.3 Klorofil Fitoplankton	17
2.3.1 Faktor Oseanografi	18
2.3.2 Metode Pengukuran Klorofil Fitoplankton di Laut	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Diagram Alir Algoritma	22
3.2 Akuisisi Data	23
3.3 Pra-Pengolahan	24
3.3.1 Koreksi <i>Bow-tie</i>	24
3.3.2 Koreksi Geometrik	25
3.4 Pengolahan Data	25
3.4.1 Menghitung Nilai Reflektansi	25

3.4.2.	Pemisahan Awan Darat Laut.....	26
3.4.3.	Menghitung nilai kandungan klorofil menggunakan formula	27
BAB 4 HASIL DAN ANALISA		29
4.1	Hasil dan Analisa <i>Single scene</i>	30
4.2	Hasil dan Analisa Multi Scene	32
4.2.1	Data Statistik untuk Area 1	33
4.2.2	Data Statistik untuk Area 2	35
4.2.3	Data Statistik untuk Area 3	37
4.2.4	Data Statistik untuk Area 4	39
BAB 5 KESIMPULAN		42
DAFTAR REFERENSI		43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Spektral Signature</i> , Pengenalan Objek Berdasarkan Karakteristik Berdasarkan Reflektansinya.....	7
Gambar 2.2. Interaksi Antara Tenaga Elektromagnetik dan Atmosfer	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Algoritma Penentuan Konsentrasi Klorofil.....	23
Gambar 3.2 Contoh Citra Sebelum Koreksi Bow-tie (a) dan Sesudah Koreksi Bow-tie (b).....	24
Gambar 3.3 Contoh Citra Sebelum Koreksi Geometrik (a) dan Sesudah Koreksi Geometrik (b).....	25
Gambar 3.4 Contoh Citra Sebelum Kanal 3, Sebelum (a) dan Sesudah (b) Perhitungan Nilai Reflektansi	26
Gambar 4.1 Contoh Hasil Pengolahan Data <i>Single Scene</i> , Data MODIS 0805021335MA (a) dan 0806051324MA (b).....	30
Gambar 4.2 Contoh Kerusakan pada Data Sebelum (a) dan Sesudah Diolah (b)	31
Gambar 4.3 Lokasi 4 Area Pengamatan	32
Gambar 4.4 Grafik Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 1	34
Gambar 4.5 Data 0808261312MA full scene (a) dan zooming area 1 (b)	35
Gambar 4.6 Grafik Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 2	37
Gambar 4.7 Grafik Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 3	38
Gambar 4.8 Grafik Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 4	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spektrum Elektromagnetik dan Bagian-Bagiannya	8
Tabel 2.2	Penggunaan dan Spektral Kanal MODIS	14
Tabel 4.1	Sumber Data yang Digunakan	29
Tabel 4.2	Lokasi Area Pengamatan	32
Tabel 4.3	Nilai Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 1	33
Tabel 4.4	Nilai Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 2	36
Tabel 4.5	Nilai Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 3	37
Tabel 4.6	Nilai Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 4	39

DAFTAR SINGKATAN

ADL	Awan Darat Laut
ATBD	<i>Algorithm Theoretical Basis Documents</i>
DN	<i>Digital Number</i>
EOS	<i>Earth Observing System</i>
GCP	<i>Ground Control Point</i>
LAPAN	Lembaga Penerbangan dan Ruang Angkasa Nasional, Indonesia
LSM	<i>Land/Sea Mask Layer</i>
MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> . Lembaga Penerbangan dan Ruang Angkasa Amerika Serikat

DAFTAR ISTILAH

Band (Kanal)	Disebut juga channel atau saluran. Suatu julat spectrum elektromagnetik yang dirancang untuk kepentingan misi tertentu pada sebuah pengindra. Sebuah pengindra sekurang-kurangnya memiliki satu saluran.
Citra Satelit	Citra hasil penginderaan suatu jenis satelit tertentu.
Hiperspektral	Perangkat pengindra yang terdiri atas lebih dari 10 spektrum elektromagnetik yang berbeda. Kemampuan menampilkan sejumlah pixel pada layer tayangan.
Koreksi geometri	Kegiatan ini juga sering dinamakan rektifikasi. Memperbaiki kemencengan, rotasi dan perspektif citra sehingga orientasi, proyeksi dan anotasinya sesuai dengan yang ada pada peta.
Koreksi radiometri	Koreksi variasi data yang tidak disebabkan oleh objek diindera, tetapi oleh malfungsi pengindra atau interferensi atmosfer.
Layer	Suatu liputan geografis yang berisikan jenis informasi tertentu. Berbagai jenis informasi pada liputan geografis yang sama disebut multi layer. Untuk konteks citra penginderaan jauh digital, layer dan band mengandung pengertian yang sama.
Multispektral	Perangkat pengindra yang terdiri atas kurang dari 10 spektrum elektromagnetik yang berbeda.
Penginderaan Jauh	ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala, dengan jalan menganalisis data yang

diperoleh dengan menggunakan alat, tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau gejala yang akan dikaji.

Pengolahan Citra Disebut juga image processing. Kegiatan manipulasi citra digital yang terdiri dari penajaman, rektifikasi dan klasifikasi.

Perangkat pengindra Citra Gambaran kenampakan permukaan bumi hasil penginderaan pada spectrum elektromagnetik tertentu yang ditayangkan pada layar atau disimpan pada media rekam/cetak.

Resolusi radiometrik Julat (*range*) representasi/kuantisasi data, biasanya dipergunakan untuk format raster. Julat tersebut dapat berupa 2 bit (0-1), 3 bit (0-3), 4 bit (0-15), 5 bit (0-31), 6 bit (0-63), 7 bit (0-127), 8 bit (0-255), 10 bit (0-1023), 16 bit (0-65535).

Resolusi Ukuran ketelitian data citra satelit.

Resolusi spasial Ukuran objek terkecil yang dapat dibedakan dengan objek lain. Pada citra raster berarti ukuran 1 (satu) pixel data di lapangan. Pada citra optik (fotografik) dapat diartikan ukuran 1 detik busur medan pandang di lapangan.

Resolusi spektral Resolusi spektral merupakan interval panjang gelombang khusus pada spektrum elektromagnetik yang direkam oleh sensor. Semakin sempit lebar interval spektrum elektromagnetik, resolusi spectral akan menjadi semakin tinggi.

Resolusi temporal Ukuran perulangan pengambilan data oleh satelit tersebut pada lokasi yang sama di permukaan bumi.

Satelit Benda buatan / kendaraan yang dirancang mengitari bumi, bulan atau benda angkasa lain.

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan yang sebagian besar terdiri atas wilayah perairan, yaitu meliputi 2/3 dari seluruh luas wilayah. Selain itu kondisi geografis Indonesia yang berada di daerah katulistiwa dan di antara dua samudra (Samudera Pasifik dan Samudera Hindia), menyebabkan Indonesia kaya akan potensi (sumber daya) kelautan, seperti: ikan, koral, biota laut, mineral, dan lain sebagainya. Pemanfaatan potensi-potensi ini secara optimal menjadi tanggung jawab semua pihak (pemerintah dan masyarakat) demi kesejahteraan rakyat. Jika tidak, maka banyak pihak-pihak asing yang memanfaatkan (mengeksplorasi) laut Indonesia secara bebas.

Peran teknologi dan informasi sangat penting dalam memanfaatkan potensi-potensi kelautan tersebut secara optimal. Sehingga kita dapat mengetahui daerah mana saja yang kaya akan potensi ikan dan lainnya. Karena kebanyakan para nelayan kecil Indonesia masih menggunakan cara-cara tradisional dalam menangkap ikan dan menentukan lokasi ikan.

Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah teknologi Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*). Dengan penginderaan jauh pemantauan potensi perikanan dapat dilakukan melalui satelit, tanpa pemantauan langsung ke lapangan (*In Situ*). Pemantauan dengan satelit ini menjadikan pemantauan wilayah kelautan Indonesia yang luas ini dapat dilakukan secara menyeluruh dan dalam waktu yang singkat.

Pemanfaatan teknologi ini telah digunakan oleh banyak negara, termasuk negara maju. Saat ini teknologi di bidang penginderaan jauh telah berkembang dengan pesat dan banyak satelit yang dapat digunakan dengan gratis. Salah satu satelit tersebut adalah satelit yang dibuat oleh NASA, yaitu satelit EOS (*Earth Observing System*) jenis Terra dan Aqua dengan menggunakan sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Sensor MODIS memiliki 36

spektrum kanal (*spectral band*), sehingga dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam aplikasi atau keperluan.

Salah satu contoh pemanfaatan data MODIS dalam monitoring potensi kelautan ini adalah untuk menentukan kandungan klorofil fitoplankton di laut. Pengetahuan mengenai kandungan klorofil fitoplankton di suatu perairan apabila dilengkapi dengan data cahaya dapat digunakan untuk menghitung produktivitas primernya. Produktivitas primer adalah banyaknya zat organik yang dihasilkan dari zat anorganik melalui proses fotosintesis dalam satuan waktu dan volume air tertentu. Kemampuan potensial suatu perairan untuk menghasilkan sumberdaya alam hayati ditentukan oleh kandungan produktivitas primernya. Dengan demikian kandungan klorofil fitoplankton dapat dijadikan petunjuk akan kesuburan suatu perairan.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Memanfaatkan data MODIS untuk menentukan kandungan klorofil di permukaan laut dan pemetaannya yang berada di perairan wilayah Indonesia.
2. Menyediakan monitoring atau analisa kecenderungan (*trend analysis*) kandungan klorofil di suatu kawasan tertentu yang dianggap sebagai wilayah penangkapan ikan.

1.3 Batasan Masalah

Skripsi ini menggunakan data MODIS dengan kanal 10 dan 12 untuk semua scene. Kemudian akan dilakukan analisa multi scene untuk selama satu tahun, tahun 2008, dengan periode 8 harian pada beberapa wilayah yang potensial sebagai kawasan penangkapan ikan yaitu wilayah laut Selatan Pulau Jawa, Laut Jawa, wilayah di Selatan Selat Makasar, dan wilayah Laut Banda.

1.4 Metode Penulisan

Metode penulisan skripsi ini adalah studi literatur dan percobaan menggunakan software pengolahan data penginderaan jauh dan satelit.

1.5 Sistematika Penulisan

Skripsi ini ditulis dengan sistematika sebagai berikut:

- **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisi Latar Belakang, Tujuan Penulisan, Batasan Masalah, Metode Penulisan, dan Sistematika Penulisan dari skripsi ini.

- **BAB 2 PENGINDERAAN JAUH, SENSOR MODIS, DAN KANDUNGAN KLOORIFIL DI PERMUKAAN LAUT**

Bab ini menjelaskan konsep dasar dari Penginderaan Jauh, Sensor MODIS dan Kandungan Klorofil di permukaan laut.

- **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan langkah-langkah pengolahan citra satelit untuk mendapatkan nilai klorofil di permukaan laut.

- **BAB 4 HASIL DAN ANALISA**

Bab ini menjelaskan hasil percobaan dan analisa beberapa data kandungan klorofil pada suatu daerah.

- **BAB 5 KESIMPULAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari penulisan skripsi ini.

BAB 2

PENGINDERAAN JAUH, SENSOR MODIS DAN KANDUNGAN KLOOROFIL DI PERMUKAAN LAUT

Dalam bab ini akan dijelaskan dasar teori yang digunakan dalam tulisan ini. Pembahasan ini meliputi tentang Penginderaan Jauh, Sensor MODIS, dan Kandungan klorofil di permukaan laut. Pembahasan tentang penginderaan jauh yaitu mengenai pengertian penginderaan jauh, konsep penginderaan jauh, alat penginderaan jauh, dan sistem penginderaan jauh. Kemudian penjelasan tentang sensor MODIS yang merupakan salah satu contoh teknologi penginderaan jauh yaitu mencakup tentang pengenalan sensor MODIS, spesifikasi teknisnya, data dan produk MODIS, dan tentang ATBD. Dan terakhir adalah pembahasan tentang klorofil, yaitu mengenai klorofil yang akan diamati pada skripsi ini, metode-metode pengukuran klorofil yang ada hingga saat ini, hingga perhitungannya dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh menggunakan data MODIS.

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) dalam artian secara umum merupakan suatu teknik-teknik berbasis instrumentasi yang digunakan dalam pengumpulan dan pengukuran dari data/informasi yang teratur secara *spatial* (umumnya kebanyakan, pendistribusian secara geografis) pada beberapa bagian-bagian (*spectral; spatial; physical*) dari suatu array dari titik-titik sasaran (piksel-piksel) dalam tampilan terekam yang sesuai dengan fitur, objek, dan material yang dilakukan dengan mengaplikasikan satu atau lebih alat-alat perekam tanpa kontak langsung secara fisik dengan benda-benda dibawah pengawasan (sehingga pada jarak tertentu dari sasaran yang diobservasi, dimana dijaganya pengaturan *spatial*); teknik-teknik menggunakan kumpulan pengetahuan yang sesuai dengan tampilan terekam (sasaran) dengan menggunakan radiasi elektromagnetik, medan gaya, atau energi akustik yang ditangkap dengan menggunakan kamera-kamera perekam, radiometer dan scanner, laser, penerima frekuensi radio, sistem-sistem radar, sonar, perangkat pengukur suhu, pendeteksi suara, seismograph, magnetometer, gravimeter, scintillometer, dan perangkat-perangkat lainnya [1].

Pengertian lain dari penginderaan jauh yang lebih sederhana adalah ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala, dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat, tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau gejala yang akan dikaji [2].

Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa penginderaan jauh merupakan upaya untuk memperoleh data dari jarak jauh dengan menggunakan peralatan tertentu yang disebut “sensor” (alat peraba). Data yang diperoleh itu kemudian dianalisis dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.

2.1.1. Konsep Penginderaan Jauh

Dalam penginderaan jauh didapat masukan data atau hasil observasi yang disebut citra. Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu objek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pemantau. Sebagai contoh, memotret bunga di taman. Foto bunga yang berhasil kita buat itu merupakan citra bunga tersebut. Menurut Simonett (1983): bahwa citra sebagai gambaran rekaman suatu objek (biasanya berupa suatu gambaran pada foto) yang didapat dengan cara optik, elektro optik, optik mekanik atau elektronik. Di dalam bahasa Inggris terdapat dua istilah yang berarti citra dalam bahasa Indonesia, yaitu “image” dan “imagery”, akan tetapi istilah imagery dirasa lebih tepat penggunaannya [3].

Agar dapat dimanfaatkan maka citra tersebut harus diinterpretasikan atau diterjemahkan/ditafsirkan terlebih dahulu. Interpretasi citra merupakan kegiatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut [4].

Singkatnya interpretasi citra merupakan suatu proses pengenalan objek yang berupa gambar (citra) untuk digunakan dalam disiplin ilmu tertentu seperti Geologi, Geografi, Ekologi, Geodesi dan disiplin ilmu lainnya.

Dalam menginterpretasikan citra dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

- Deteksi ialah pengenalan objek yang mempunyai karakteristik tertentu oleh sensor.

- Identifikasi ialah mencirikan objek dengan menggunakan data rujukan.
- Analisis ialah mengumpulkan keterangan lebih lanjut secara terinci.

2.1.2. Alat Penginderaan Jauh

Untuk melakukan penginderaan jarak jauh diperlukan alat sensor, alat pengolah data dan alat-alat lainnya sebagai pendukung. Oleh karena sensor tidak ditempatkan pada objek, maka perlu adanya wahana atau alat sebagai tempat untuk meletakkan sensor. Wahana tersebut dapat berupa balon udara, pesawat terbang, satelit atau wahana lainnya. Antara sensor, wahana, dan citra diharapkan selalu berkaitan, karena hal itu akan menentukan skala citra yang dihasilkan. Semakin tinggi letak sensor maka daerah yang terdeteksi atau yang dapat diterima oleh sensor semakin luas.

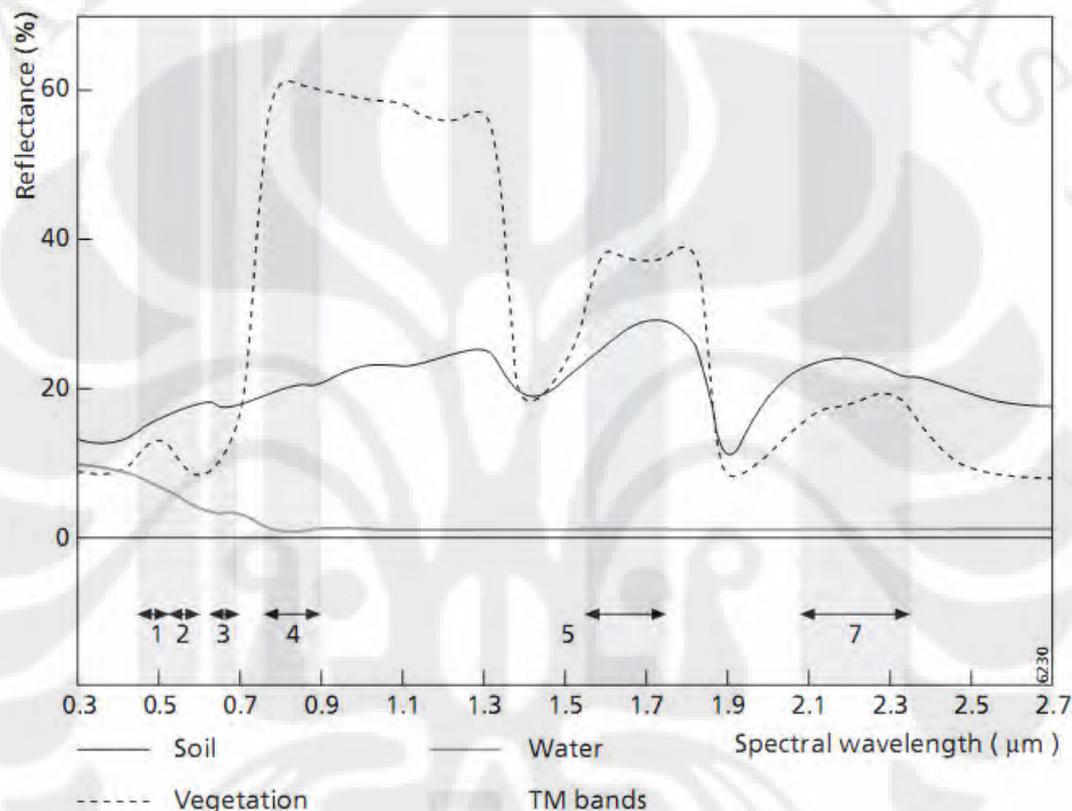
Alat sensor dalam penginderaan jauh dapat menerima informasi dalam berbagai bentuk antara lain sinar atau cahaya, gelombang bunyi dan daya elektromagnetik. Alat sensor digunakan untuk melacak, mendeteksi, dan merekam suatu objek dalam daerah jangkauan tertentu. Tiap sensor memiliki kepekaan tersendiri terhadap bagian spektrum elektromagnetik. Kemampuan sensor untuk merekam gambar terkecil disebut resolusi spasial. Semakin kecil objek yang dapat direkam oleh sensor semakin baik sensor dan semakin baik resolusi spasial pada citra [5].

Berdasarkan proses perekamannya sensor dapat dibedakan atas Sensor Fotografi dan Sensor Elektronik. Sensor elektronik berupa alat yang bekerja secara elektrik dengan pemrosesan menggunakan komputer. Hasil akhirnya berupa data visual atau data digital/numerik. Proses perekamannya untuk menghasilkan citra dilakukan dengan memotret data visual dari layar atau dengan menggunakan film perekam khusus. Hasil akhirnya berupa foto dengan film sebagai alat perekamannya dan tidak disebut foto udara tetapi citra.

Agar informasi-informasi dalam berbagai bentuk tadi dapat diterima oleh sensor, maka harus ada tenaga yang membawanya antara lain matahari. Informasi yang diterima oleh sensor dapat berupa: Distribusi daya (force), Distribusi gelombang bunyi, atau Distribusi tenaga elektromagnetik.

Universitas Indonesia

Informasi tersebut berupa data tentang objek yang diindera dan dikenali dari hasil rekaman berdasarkan karakteristiknya dalam bentuk cahaya, gelombang bunyi, dan tenaga elektromagnetik. Contoh: Salju dan batu kapur akan memantulkan sinar yang banyak (menyerap sinar sedikit) dan air akan memantulkan sinar sedikit (menyerap sinar banyak). Gambar 2.1 memperlihatkan salah satu contoh *Spectral Signature*.



Gambar 2.1 *Spectral Signature*, Pengenalan Objek Berdasarkan Karakteristik Berdasarkan Reflektansinya

Seperti telah disebutkan bahwa salah satu tenaga yang dimanfaatkan dalam penginderaan jauh antara lain berasal dari matahari dalam bentuk tenaga elektromagnetik (lihat Tabel 2.1). Matahari merupakan sumber utama tenaga elektromagnetik ini. Di samping matahari sebagai sumber tenaga alamiah, ada juga sumber tenaga lain, yakni sumber tenaga buatan.

2.1.3. Sistem Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh dengan menggunakan tenaga matahari dinamakan penginderaan jauh sistem pasif. Penginderaan jauh sistem pasif menggunakan

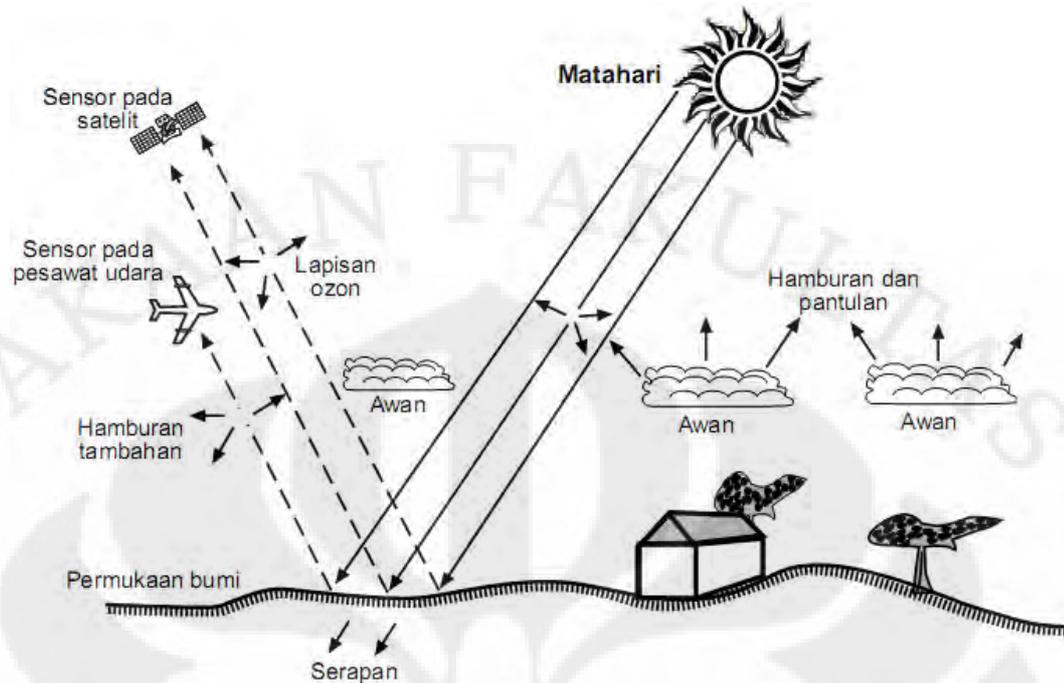
pancaran cahaya, hanya dapat beroperasi pada siang hari saat cuaca cerah. Penginderaan jauh sistem pasif yang menggunakan tenaga pancaran tenaga thermal, dapat beroperasi pada siang maupun malam hari. Citra mudah pengenalannya pada saat perbedaan suhu antara tiap objek cukup besar. Kelemahan penginderaan jauh sistem ini adalah resolusi spasialnya semakin kasar karena panjang gelombangnya semakin besar.

Tabel 2.1 Spektrum Elektromagnetik dan Bagian-Bagiannya

Spektrum	Panjang gelombang	Keterangan
Gamma	0,03 nm	Diserap oleh atmosfer, tetapi benda radioaktif dapat diindera dari pesawat terbang rendah.
X	0,03 - 3 nm	Diserap oleh atmosfer, sinar buatan digunakan dalam kedokteran.
Ultraviolet (UV)	3 nm - 0,4 μm 0,3 μm	diserap oleh atmosfer.
UV fotografik	0,3 - 0,4 μm	Hamburan atmosfer berat sekali, diperlukan lensa kuarsa dalam kamera.
Tampak	0,4 - 0,7 μm	
Biru	0,4 - 0,5 μm	
Hijau	0,5 - 0,6 μm	
Merah	0,6 - 0,7 μm	
Inframerah (IM)	0,7 - 1.000 μm	Jendela atmosfer terpisah oleh saluran absorpsi.
IM Pantulan	0,7 - 3 μm	
IM Fotografik	0,7 - 0,9 μm	Film khusus dapat merekam hingga panjang gelombang hampir 1,2 μm .
IM Termal	3 - 5 μm	Jendela-jendela atmosfer dalam spektrum ini.
Gelombang mikro	8 - 14 μm	Gelombang panjang yang mampu menembus awan, citra dapat dibuat dengan cara pasif dan aktif.
Radar	0,3 - 300 cm	Penginderaan jauh sistem aktif.
Ka	0,3 - 300 cm	Yang paling sering digunakan.
K	0,8 - 1,1 cm	Yang paling sering digunakan.
Ku	1,1 - 1,7 cm	
X	1,7 - 2,4 cm	
C	2,4 - 3,8 cm	
S	3,8 - 7,5 cm	
L	7,5 - 15 cm	
P	15 - 30 cm	
Radio	30 - 100 cm	

Penginderaan jauh dengan menggunakan sumber tenaga buatan disebut penginderaan jauh sistem aktif. Penginderaan sistem aktif sengaja dibuat dan dipancarkan dari sensor yang kemudian dipantulkan kembali ke sensor tersebut untuk direkam. Pada umumnya sistem ini menggunakan gelombang mikro, tapi dapat juga menggunakan spektrum tampak, dengan sumber tenaga buatan berupa laser.

Tenaga elektromagnetik pada penginderaan jauh sistem pasif dan sistem aktif untuk sampai di alat sensor dipengaruhi oleh atmosfer. Atmosfer mempengaruhi tenaga elektromagnetik yaitu bersifat selektif terhadap panjang gelombang, karena itu timbul istilah “Jendela atmosfer”, yaitu bagian spektrum elektromagnetik yang dapat mencapai bumi. Adapun jendela atmosfer yang sering digunakan dalam penginderaan jauh ialah spektrum tampak yang memiliki panjang gelombang 0,4 mikrometer hingga 0,7 mikrometer (lihat Tabel 2.1). Jadi dari Tabel 2.1 diperlihatkan bahwa spektrum elektromagnetik merupakan spektrum yang sangat luas, hanya sebagian kecil saja yang dapat digunakan dalam penginderaan jauh, itulah sebabnya atmosfer disebut bersifat selektif terhadap panjang gelombang. Hal ini karena sebagian gelombang elektromagnetik mengalami hambatan, yang disebabkan oleh butir-butir yang ada di atmosfer seperti debu, uap air dan gas. Proses penghambatannya terjadi dalam bentuk serapan, pantulan dan hamburan diperlihatkan pada Gambar 2.2 [5].



Gambar 2.2. Interaksi Antara Tenaga Elektromagnetik dan Atmosfer

2.1.4. Data Hasil Penginderaan Jauh

Dalam penginderaan jauh didapat data hasil observasi yang disebut citra. Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu objek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pemantau. Citra sebagai gambaran rekaman suatu objek (biasanya berupa suatu gambaran pada foto) yang didapat dengan cara optik, elektro optik, optik mekanik atau elektronik. Dalam penginderaan jauh, citra berbeda dengan foto. Proses fotografi menggunakan reaksi kimia pada permukaan film yang sensitive untuk mendeteksi dan merekam variasi energi, sedangkan citra berkaitan dengan representasi gambaran tanpa peduli media apa yang digunakan untuk mendeteksi dan merekam energi elektromagnetik.

Sebuah citra terbentuk dalam format digital yang tersusun dari beberapa unsur gambar atau disebut piksel. Tingkat kecerahan piksel ini direpresentasikan oleh nilai numerik atau *digital number* (DN) pada masing-masing piksel. Sensor secara elektronik merekam energi elektromagnetik sebagai sekumpulan DN yang akan menyusun gambar. Istilah lain yang penting dalam karakteristik citra adalah *band* atau *channel* (kanal/saluran). Informasi dari range panjang gelombang yang

berdekatan dikumpulkan menjadi satu dan disimpan dalam kanal. Dalam pengolahan dan pemilihan citra satelit yang akan dipakai untuk kebutuhan tertentu, ada hal-hal yang harus diperhatikan, diantaranya adalah [6]:

1. Resolusi spektral

Resolusi spektral merupakan interval panjang gelombang khusus pada spektrum elektromagnetik yang direkam oleh sensor. Semakin sempit lebar interval spektrum elektromagnetik, resolusi spectral akan menjadi semakin tinggi. Contoh: AVHRR kanal 4 mempunyai lebar interval 10.30-11.30 μm , sedangkan MODIS kanal 31 mempunyai lebar interval 10.780 - 11.280 μm , sehingga resolusi spektral MODIS lebih tinggi daripada AVHRR.

2. Resolusi spasial

Resolusi spasial adalah ukuran terkecil dari objek yang dapat dibedakan oleh sensor atau ukuran daerah yang dapat disajikan oleh setiap piksel. Objek yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran piksel dapat dideteksi apabila mempunyai nilai kontras dengan sekitarnya, seperti jalan, pola drainase. Contoh: MODIS mempunyai resolusi spasial yang lebih rendah: 1000 m, dibanding dengan Landsat TM: 30 m. Bila sebuah sensor memiliki resolusi spasial 1000 m citra yang dihasilkannya ditampilkan dengan resolusi penuh, maka setiap piksel mewakili luasan area 1000 x 1000 m di lapangan. Semakin tinggi resolusinya, maka semakin kecil area yang dapat dicakupnya.

3. Resolusi Radiometrik

Resolusi Radiometrik ditunjukkan oleh jumlah nilai data yang dimungkinkan pada setiap kanal. Hal ini ditunjukkan dengan jumlah bit perekam. Contoh pada MODIS mencakup 15 bit, sehingga jumlah nilai data pada spektral untuk setiap piksel adalah 0 - 32767. Resolusi ini lebih tinggi dibanding dengan AVHRR, yaitu 10 bit(0 - 1024).

4. Resolusi temporal

Resolusi temporal adalah ukuran perulangan pengambilan data oleh satelit tersebut pada lokasi yang sama di permukaan bumi.

Agar dapat dimanfaatkan, maka citra tersebut harus diinterpretasikan atau diterjemahkan terlebih dahulu. Interpretasi citra merupakan kegiatan mengkaji

citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut [4].

Sebelum citra digunakan, maka harus dilakukan proses sebelumnya yang disebut *preprocessing*. Preprocessing ini meliputi koreksi-koreksi sebagai berikut.

1. Koreksi Radiometrik

Memberikan skala pada nilai piksel, sebagai contoh, skala monokromatik dari 0 sampai 255 akan dirubah menjadi nilai radian sesungguhnya.

2. Koreksi Atmosferik

Menghilangkan pengaburan atmosferik dengan membuat skala ulang setiap pita frekuensi sehingga nilai minimumnya sesuai dengan harga piksel 0. Membuat data menjadi digital juga memungkinkan untuk memanipulasi data dengan menukar nilai skala-keabuan.

3. Koreksi Geometrik

Memperbaiki kemencengan, rotasi dan perspektif citra sehingga orientasi, proyeksi dan anotasinya sesuai dengan yang ada pada peta. Koreksi geometri terdiri dari koreksi sistematis (karena karakteristik alat) dan non sistematis (karena perubahan posisi penginderaan). Koreksi sistematis biasanya telah dilakukan oleh penyedia data. Koreksi non sistematis biasanya dilakukan dengan suatu proses koreksi geometri. Proses ini memerlukan ikatan yang disebut titik kontrol medan (*ground control point/GCP*). GCP tersebut dapat diperoleh dari peta, citra yang telah terkoreksi atau tabel koordinat penjurur. GCP kemudian disusun menjadi matriks transformasi untuk rektifikasi citra.

2.2. Sensor MODIS

MODIS merupakan singkatan dari *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* adalah sebuah instrumen penting yang berada dalam satelit Terra (EOS AM) dan Aqua (EOS PM). Orbit satelit Terra di sekeliling bumi diatur waktunya sedemikian sehingga ia lewat dari utara ke selatan melewati ekuator di pagi hari, sementara satelit Aqua lewat dari selatan ke utara melalui ekuator di sore hari. Dengan demikian Terra MODIS dan Aqua MODIS mengamati seluruh permukaan bumi setiap 1 hingga 2 hari, mendapatkan data dalam 36 kanal spektrum (*spectral band*) atau grup dari panjang gelombang. data

Universitas Indonesia

ini akan membantu kita dalam meningkatkan pemahaman terhadap global dynamics dan proses yang terjadi di daratan, di lautan dan di atmosfer. MODIS berperan penting dalam perkembangan model sistem bumi untuk dapat memprediksi perubahan global dengan cukup akurat untuk membantu pembuat kebijaksanaan dalam membuat keputusan yang menyangkut perlindungan terhadap lingkungan kita.

2.2.1. Komponen-komponen MODIS

Instrumen MODIS telah dirancang dan dikembangkan sejak selesainya Engineering Model (EM) pada pertengahan 1995. Dua pesawat luar angkasa telah diluncurkan, yaitu Protoflight Model (PFM) (di dalam Satelit Terra) dan Flight Model 1 (FM1) (di dalam Satelit Aqua). Terra diluncurkan pada 18 Desember 1999, dan Aqua diluncurkan pada 4 May 2002. Perangkat MODIS – dibuat untuk spesifikasi NASA oleh penginderaan jarak jauh Santa Barbara – menampilkan perangkat keras pesawat ruang angkasa terbaik dalam sisi teknik untuk penginderaan jarak jauh.

Instrumen MODIS dirancang dengan beberapa subsistem dan kemampuan, salah satunya adalah Pemetaan atmosfer, darat, dan laut dalam satu instrument dan resolusi spektral kanal 1000m, 500m, dan 250m, di mana Resolusi spasial MODIS untuk kanal 1 dan 2 ($0.6 \mu\text{m} - 0.9 \mu\text{m}$) yaitu 250 m, untuk kanal 3 sampai 7 ($0.4 \mu\text{m} - 2.1 \mu\text{m}$) yaitu 500 m, untuk kanal 8 sampai 36 ($0.4 \mu\text{m} - 14.4 \mu\text{m}$) yaitu 1 km. Berikut ini adalah spesifikasi teknik dari sensor MODIS beserta penggunaan utama tiap kanal [7].

Orbit	: 705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular
Kecepatan Scan	: 20.3 rpm, cross track
Dimensi Swath	: 2330 km (cross track) by 10 km (along track at nadir)
Teleskop	: 17.78 cm diam. off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop
Ukuran	: 1.0 x 1.6 x 1.0 m
Berat	: 228.7 kg

Daya : 162.5 W (single orbit average)
 Kecepatan Data : 10.6 Mbps (peak daytime); 6.1 Mbps (orbital average)
 Kuantisasi : 12 bits
 Resolusi Spatial : 250 m (bands 1-2)
 500 m (bands 3-7)
 1000 m (bands 8-36)
 Rancangan Usia Pakai : 6 years

Tabel 2.2 Penggunaan dan Spektral Kanal MODIS

Penggunaan Utama	Band	Bandwidth	Spectral Radiance	Required SNR
Batas daratan/awan/aerosol	1	620 - 670	21.8	128
	2	841 - 876	24.7	201
Karakteristik daratan /awan/aerosol	3	459 - 479	35.3	243
	4	545 - 565	29	228
	5	1230 - 1250	5.4	74
	6	1628 - 1652	7.3	275
	7	2105 - 2155	1	110
Warna laut/fitoplankton/biokimia	8	405 - 420	44.9	880
	9	438 - 448	41.9	838
	10	483 - 493	32.1	802
	11	526 - 536	27.9	754
	12	546 - 556	21	750
	13	662 - 672	9.5	910
	14	673 - 683	8.7	1087
	15	743 - 753	10.2	586
	16	862 - 877	6.2	516
Uap air/atmosfer	17	890 - 920	10	167
	18	931 - 941	3.6	57
	19	915 - 965	15	250
Penggunaan Utama	Band	Bandwidth	Spectral Radiance	Required NE[delta]T(K)
Suhu Permukaan/ awan	20	3.660 - 3.840	0.45(300K)	0.05
	21	3.929 - 3.989	2.38(335K)	2
	22	3.929 - 3.989	0.67(300K)	0.07
	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	0.07
Suhu atmosfer	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	0.25
	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	0.25
Awan sirus/uap air	26	1.360 - 1.390	6.00	150(SNR)
	27	6.535 - 6.895	1.16(240K)	0.25

Universitas Indonesia

	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	0.25
Karakteristik Awan	29	8.400 - 8.700	9.58(300K)	0.05
Ozone	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	0.25
Suhu permukaan / awan	31	10.780 - 11.280	9.55(300K)	0.05
	32	11.770 - 12.270	8.94(300K)	0.05
Ketinggian awan	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	0.25
	34	13.485 - 13.785	3.76(250K)	0.25
	35	13.785 - 14.085	3.11(240K)	0.25
	36	14.085 - 14.385	2.08(220K)	0.35

2.2.2. Data MODIS

Instrumen MODIS beroperasi pada kedua pesawat ruang angkasa Terra dan Aqua. Instrumen ini memiliki kelebaran pengamatan sebesar 2.330 km dan mengamati keseluruhan permukaan bumi setiap satu atau dua hari. Detektornya mengukur 36 pita spektral antara 0,405 dan 14,385 μm , dan memperoleh data pada tiga resolusi spasial, yaitu 250 m, 500 m, dan 1.000 m.

Bersamaan dengan semua data dari instrumen yang lain yang terdapat pada pesawat ruang angkasa Terra dan Aqua, data MODIS dipindahkan ke stasiun bumi di White Sands, New Mexico, melalui Tracking and Data Relay Satellite System (TDRSS). Data kemudian dikirim ke EOS Data and Operations System (EDOS) pada Goddard Space Flight Center. Produk Level 1A, Level 1B, geolocation dan cloud mask, dan produk Higher-level MODIS land and atmosphere dihasilkan oleh MODIS Adaptive Processing System (MODAPS), dan kemudian dikirim keluar melalui tiga DAAC untuk distribusi. Produk warna lautan dihasilkan oleh Ocean Color Data Processing System (OCDPS) dan didistribusikan kepada para ilmuwan dan komunitas pengguna.

Data MODIS memiliki beberapa level. Berikut ini adalah tahapan berbagai proses yang harus ditempuh data mentah menjadi data Level 2:

1. Data Level 0

Data mentah yang didapatkan langsung dari satelit masih dalam format data transmisi.

2. Data Level 1a

Data telah diperiksa dan direkonstruksi. Data sudah mempunyai informasi waktu dan keterangan koefisien kalibrasi serta parameter *georeference*.

3. Data Level 1b

Data sudah disisipkan beberapa sub-file tersendiri berupadata lokasi geografis, data kalibrasi sensor untuk konversi perhitungan digital.

4. Data Level 2

Data level 1 telah diproses untuk menghasilkan produk data geofisik seperti *brightness temperatur, radianse, cloud mask, NDVI, SST, LST, dan fire*.

Tidak seperti data pada level 1a, data level 1b adalah sudah merupakan data satelit yang sudah berformat computer-friendly. Maka, data yang sudah berformat level 1b ini sudah siap untuk diimplementasikan ke algoritma produk geofisika apa saja. Dari sini bisa diolah sehingga menghasilkan produk informasi yang sesuai dengan yang diinginkan. Data level 1b untuk satelit MODIS mempunyai format file HDF (*Hierarchical Data Format*) yang berekstensi “.hdf”.

2.2.3. ATBD (*Algorithm Theoretical Basis Documents*)

ATBD dikembangkan untuk setiap produk instrumen EOS (Earth Observing System). ATBD menjelaskan baik secara teori secara fisik maupun prosedur secara matematik dan dengan asumsi yang mungkin kemudian diterapkan untuk perhitungan yang akan digunakan untuk mengubah nilai radiasi yang diterima oleh instrumen menjadi kuantitas secara geofisika. Kuantitas ini yang akan digunakan oleh para scientis untuk mempelajari macam-macam karakteristik sistem bumi.

Penomoran ATBD dilakukan secara berurutan sesuai pembuatannya. Satu produk dapat diturunkan dari lebih dari satu ATBD, sehingga nomor ATBD tidak harus sama dengan nomor produk data MODIS. Misalnya produk data MOD 21 adalah *Chlorophyll a Pigment Concentration*, menggunakan ATBD 19. ATBD ini yang akan digunakan dalam penelitian ini.

ATBD 19 ditulis oleh *MODIS Ocean Science Team*, yaitu mengenai “*Case 2 Chlorophyll a*”. Produk data utama dari algoritma ini adalah konsentrasi klorofil

a, [chl a], di mana dapat digunakan sebagai indikator terhadap biomasa plankton, dan sebagai input terhadap model produksi primer (MOD27) [8].

Kanal yang akan digunakan dalam perhitungan konsentrasi klorofil dengan menggunakan algoritma ini adalah kanal 10 dan 12. Jika kita lihat pada Tabel 2.2, maka dapat diketahui bahwa kanal 10 memiliki panjang gelombang 483 – 493 nm atau termasuk panjang gelombang sinar tampak biru. Sedangkan kanal 12 memiliki panjang gelombang 546 – 556 nm atau termasuk panjang gelombang sinar tampak hijau.

Dari penjelasan panjang dalam ATBD 19 ini, dapat diambil kesimpulan bahwa rumus untuk mencari nilai konsentrasi klorofil dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Chl = 10^{(c_0 + c_1 * R + c_2 * R^2 + c_3 * R^3)} \quad (2.1)$$

Di mana Chl adalah nilai konsentrasi klorofil yang ingin kita cari. $R = \log$ rasio dari kombinasi masing-masing kanal, dalam hal ini yang digunakan adalah kanal 10 dan 12, sehingga:

$$R = \log\left(\frac{\text{kanal10}}{\text{kanal12}}\right) \quad (2.2)$$

c_0 , c_1 , c_2 , dan c_3 adalah konstanta yang berdasarkan penelitian ditetapkan nilainya adalah

$$c_0 = 0.2818, c_1 = -2.783, c_2 = 1.863, \text{ and } c_3 = -2.387 \quad (2.3)$$

Untuk menghitung nilai konsentrasi klorofil sebenarnya terdapat beberapa algoritma yang telah banyak digunakan, hal tersebut disesuaikan dengan keadaan sehingga didapatkan hasil sesuai dengan keadaan sebenarnya.

2.3 Klorofil Fitoplankton

Klorofil adalah kelompok pigmen fotosintesis yang terdapat dalam tumbuhan, menyerap cahaya merah, biru dan ungu, serta merefleksikan cahaya hijau yang menyebabkan tumbuhan memperoleh ciri warnanya. Terdapat dalam

kloroplas dan memanfaatkan cahaya yang diserap sebagai energi untuk reaksi-reaksi cahaya dalam proses fotosintesis.

Klorofil *a* merupakan salah satu bentuk klorofil yang terdapat pada semua tumbuhan autotrof. Klorofil *b* terdapat pada ganggang hijau chlorophyta dan tumbuhan darat. Klorofil *c* terdapat pada ganggang coklat Phaeophyta serta diatome Bacillariophyta. Klorofil *d* terdapat pada ganggang merah Rhadophyta. [9]

Fitoplankton di perairan mempunyai peran yang sama pentingnya dengan tumbuhan tingkat tinggi di darat. Fitoplankton merupakan produsen primer penghasil nutrisi yang sangat diperlukan oleh konsumen-konsumen lain dalam rantai makanan. Fitoplankton dapat ditemukan diseluruh massa air mulai dari permukaan laut sampai pada kedalaman intensitas cahaya yang masih memungkinkan terjadinya fotosintesis [10]. Sumber energi yang digunakan untuk membantu berlangsungnya reaksi kimia yang terjadi dalam proses fotosintesa adalah sinar matahari yang diabsorpsi oleh klorofil [11].

2.3.1. Faktor Oseanografi

Beberapa faktor oseanografi yang berpengaruh dalam distribusi fitoplankton adalah cahaya, suhu, kadar zat hara, dan arus.

1. Cahaya

Menurut Nybakken (1992), Fitoplankton dapat melakukan aktivitas produksi hanya pada kedalaman penetrasi cahaya. Kedalaman penetrasi cahaya dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu : absorpsi cahaya oleh air, panjang gelombang cahaya, kecerahan air, pemantulan cahaya oleh permukaan laut, lintang geografik, dan musim.

2. Suhu

Suhu dapat mempengaruhi fotosintesa di laut baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung yakni suhu berperan untuk mengontrol reaksi kimia enzimatik dalam proses fotosintesa. Tinggi suhu dapat menaikkan laju maksimum fotosintesa, sedangkan pengaruh secara tidak langsung

yakni dalam merubah struktur hidrologi kolom perairan yang dapat mempengaruhi distribusi fitoplankton.

3. Kadar Zat Hara

Distribusi klorofil bervariasi tergantung dari asal pasokan zat hara atau nutrisi dan intensitas cahaya matahari. Nutrien dapat dipasok dari air sungai yang masuk ke laut juga bisa karena adanya arus naik (upwelling). Nutrien yang banyak ditemukan di pinggir laut adalah nutrisi yang dibawa oleh sungai.

Apabila ditemukan di laut yang jauh dari daratan, maka konsentrasi nutrisi tersebut akibat dari proses arus naik.

4. Arus

Akibat pengaruh gelombang dan gerakan massa air, Fitoplankton terdistribusi baik secara vertikal maupun horisontal. Distribusi secara horisontal lebih banyak dipengaruhi oleh arus permukaan. Arus permukaan adalah gerakan massa air permukaan yang ditimbulkan oleh kekuatan angin yang bertiup melintasi permukaan air. Di laut, air permukaan menjadi panas saat siang hari dan menjadi dingin saat malam hari. Silih bergantinya pemanasan dan pendinginan ini akan mengubah kerapatan air dan mengakibatkan adanya sel-sel konveksi, yaitu satuan-satuan air yang sangat kecil yang akan naik atau turun dalam kolom air sesuai kerapatannya. Gerakan sel-sel konveksi ini sangat lemah dan dapat mengangkut organisme planktonik [12].

2.3.2. Metode Pengukuran Klorofil Fitoplankton di Laut

Beberapa macam metode atau cara pengukuran klorofil fitoplankton di laut yang telah dikenal mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks. Metode tersebut antara lain adalah kolorimetri, spektrofotometri, fluorometri dan kertas kromatografi berdasarkan dari jurnal Beberapa Metode Pengukuran Klorofil Fitoplankton di Laut oleh Sumijo Hadi Riyono [13].

1. Metode Kolorimetri

Pengukuran klorofil fitoplankton di laut pertama kali diperkenalkan oleh Harvey, 1934, dengan menggunakan metode kolorimetri. Metode ini sederhana dan tidak memerlukan biaya mahal, namun memiliki kelemahan

Universitas Indonesia

karena pengukuran untuk menentukan kesamaan warna antara larutan ekstrak klorofil dengan larutan standar dilakukan secara visual. Pengukuran dengan metode ini kurang akurat karena hasilnya sangat ditentukan oleh subjektivitas pengamat dan nilai yang dihasilkan belum memiliki satuan absolut.

Krey, 1958 melakukan modifikasi untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat dengan alat yang disebut Pulfrich photometer dan Electrical colorimeter. Walau demikian nilai yang dihasilkan masih menggunakan satuan HPPU (*Harvey Plant Pigment Unit*) belum memiliki satuan absolut.

2. Metode Spektrofotometri

Metode ini ditemukan oleh Richards & Thompson, 1952. Metode ini pertama kali diperkenalkan masih menggunakan satuan μSPU (*mikro Specified Pigment Unit*), metode ini kemudian mengalami modifikasi dengan ditemukannya satuan absolut yaitu mg/m^3 atau $\mu\text{g}/\text{L}$. Metode spektrofotometri memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode kolorimetri karena pengukuran sudah menggunakan alat (spektrofotometer). Hasil pengukuran lebih akurat, dapat menentukan jenis-jenis klorofil (klorofil-a, -b, -c1 dan -c2) dan telah memiliki satuan absolut. Kelemahan dari metode spektrofotometri karena sensitifitas alat (spektrofotometer) rendah sehingga dalam proses penyaringan memerlukan volume air yang besar. Selain hal tersebut, metode spektrofotometri tidak dapat membedakan antara klorofil dengan hasil dekomposisinya sehingga hasil pengukuran lebih tinggi dari nilai yang sebenarnya.

3. Metode Kertas Kromatografi

Metode ini ditemukan oleh Jeffrey & Allen, 1967. Metode ini dapat menentukan jenis-jenis pigmen pada fitoplankton secara lebih teliti, tetapi metode ini tidak dimaksudkan untuk pengukuran rutin di laut karena metode ini memerlukan tempat yang stabil. Metode kertas kromatografi dimaksudkan untuk mempelajari pigmen-pigmen fitoplankton dalam

keadaan khusus, misalnya penelitian fisiologis blooming fitoplankton yang dilakukan in situ.

Penentuan pigmen-pigmen fitoplankton dapat ditentukan secara lebih teliti dengan metode kertas kromatografi, tetapi metode ini tidak banyak digunakan dalam pengukuran-pengukuran rutin di laut. Salah satu kesulitan pokok kerja di lapangan (di atas kapal) adalah kestabilan tidak dapat dipertahankan, karena metode ini diperlukan *solven-front horizontal* yang seragam. Jeffrey dan Allen membuat suatu modifikasi untuk diterapkan dalam pekerjaan di laut, namun tidak dimaksudkan sebagai metode yang dapat digunakan secara luas dalam survei-survei rutin oseanografi. Metode ini dimaksudkan untuk mempelajari pigmen-pigmen fitoplankton dalam keadaan khusus saja, misalnya penelitian fisiologis blooming fitoplankton yang dilakukan in situ dan sebagainya.

4. Metode Fluorometri

Metode Fluorometri ditemukan oleh Yentsch & Menzel, 1963 dan Hol-Hansen et al., 1965. Kelebihan metode ini yaitu proses penyaringan berlangsung lebih cepat hanya memerlukan contoh air sebanyak 0,1–0,5 liter. Metode fluorometri memiliki kepekaan yang tinggi dan dapat membedakan antara klorofil dengan dekomposisinya.

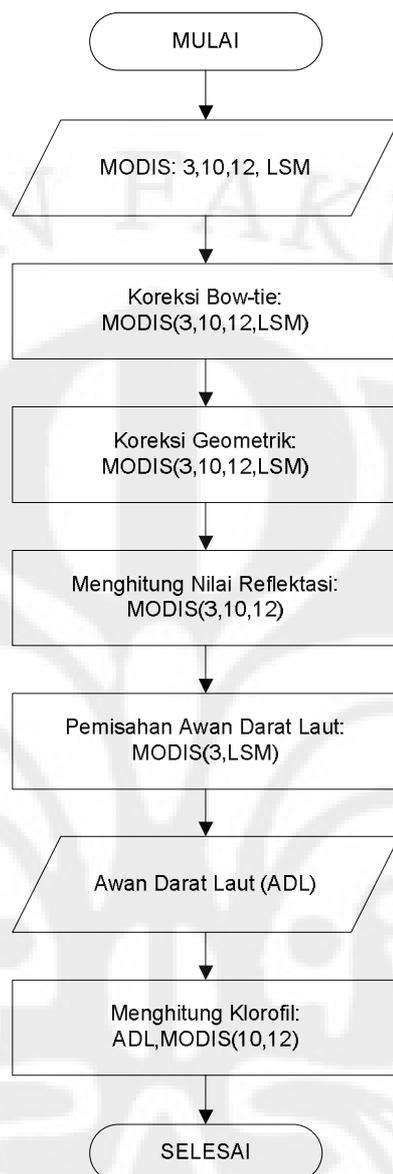
Metode-metode yang disebutkan di atas adalah metode yang dilakukan secara manual, langsung di lapangan dan menggunakan alat. Metode-metode tersebut memiliki kekurangan seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Metode atau cara pengukuran lain adalah dengan menggunakan data MODIS. Dengan metode ini maka pengukuran tidak perlu dilakukan secara langsung ke lapangan, tanpa menggunakan alat dan dengan cakupan wilayah yang lebih luas, sehingga dapat mencakup seluruh wilayah perairan Indonesia. Metode penentuan kandungan klorofil ini yang menjadi bahasan dalam skripsi ini adalah dengan menggunakan atau memanfaatkan data MODIS. Bagaimana cara mendapatkan nilai konsentrasi klorofil dari data MODIS akan dijelaskan pada bab selanjutnya, yaitu metodologi penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan metodologi penelitian yang akan digunakan pada penulisan skripsi ini. Pertama akan dijelaskan algoritma yang digunakan untuk menghitung kandungan klorofil di perairan. Algoritma ini terdiri dari diagram alir proses-proses yang dilakukan. Selanjutnya adalah penjelasan tentang tiap-tiap proses, mulai dari *pre-processing* terhadap data MODIS level 1b hingga perhitungan konsentrasi klorofil menggunakan rumus ATBD 19.

3.1 Diagram Alir Algoritma

Algoritma untuk menghitung konsentrasi klorofil di permukaan laut dari data MODIS level 1b terdiri dari beberapa proses, yaitu akuisisi data, koreksi bow-tie, koreksi geometrik, menghitung nilai reflektansi, pemisahan awan darat laut, dan menghitung konsentrasi klorofil. Proses-proses itu dilakukan secara berurutan hingga didapat hasil yang diinginkan. Diagram alir dari algoritma tersebut yang akan digunakan dalam skripsi ini ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Algoritma Penentuan Konsentrasi Klorofil

3.2 Akuisisi Data

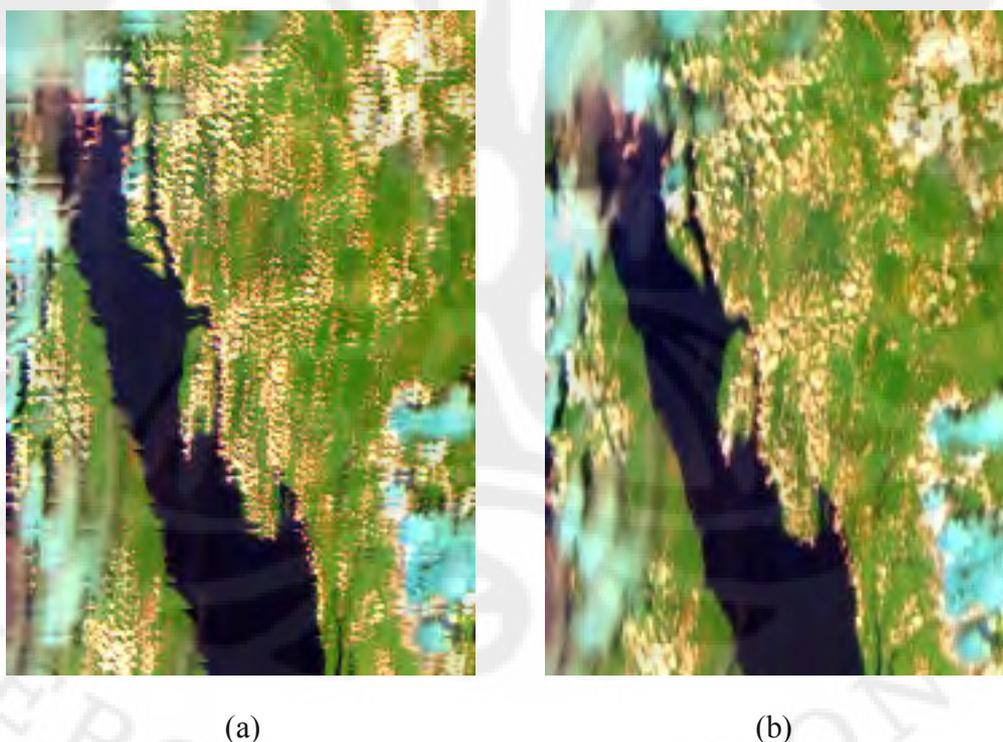
Pada tahap ini, data yang digunakan sebagai masukan adalah data MODIS level 1b, dengan kanal yang digunakan adalah kanal 3, 10, 12 dan LSM. Kanal 3, 10, dan 12 diambil dari file data MODIS 1000m, sedangkan LSM diambil dari file data geo. Selain itu file data geo juga digunakan untuk mendapatkan GCP (*ground control point*) untuk koreksi geometrik.

3.3 Pra-Pengolahan

3.3.1. Koreksi *Bow-tie*

Proses ini termasuk pra-pengolahan (*pre-processing*) data MODIS, yang tujuannya untuk menghilangkan efek *bow-tie*. Efek *bow-tie* adalah efek distorsi pada pinggiran (bagian tepi) citra data MODIS. Efek ini terjadi karena MODIS melakukan proses pembacaan (*scan*) 10 garis dalam satu waktu, tidak seperti sensor lainnya, AVHRR dan SeaWiFS misalnya, hanya melakukan scan 1 garis dalam satu waktu. Apa yang dilihat satelit sebagai sebuah pixel meningkat dengan bertambahnya jarak. Sedangkan jarak dari sebuah pixel meningkat dengan bertambahnya sudut pembacaan akibat kelengkungan permukaan bumi. Berarti pixel yang berada di pinggiran citra lebih besar dari yang berada di tengah.

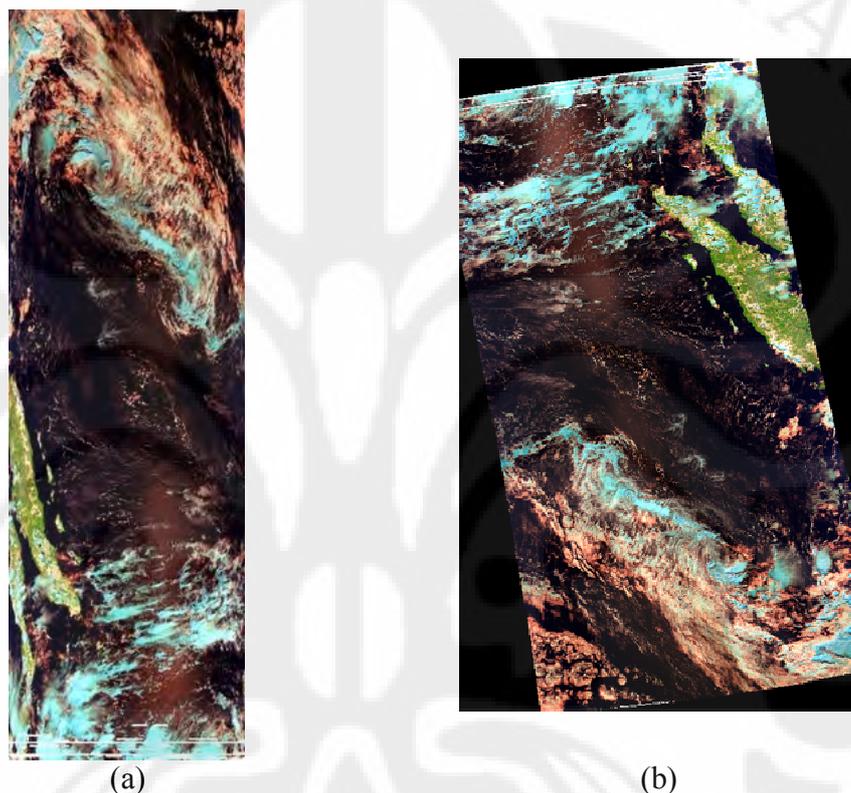
Berikut adalah contoh data sebelum dan sesudah koreksi *bow-tie* yang diperlihatkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Contoh Citra Sebelum Koreksi *Bow-tie* (a) dan Sesudah Koreksi *Bow-tie* (b)

3.3.2. Koreksi Geometrik

Proses ini juga termasuk Pre-processing Data MODIS, yang tujuannya untuk memperbaiki data sehingga sesuai dengan keadaan di bumi. Dalam hal ini kemiringan, lokasi dan lainnya disesuaikan sehingga menjadi sesuai. Berikut adalah contoh data sebelum dan sesudah koreksi geometrik yang diperlihatkan oleh Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Contoh Citra Sebelum Koreksi Geometrik (a) dan Sesudah Koreksi Geometrik (b)

3.4 Pengolahan Data

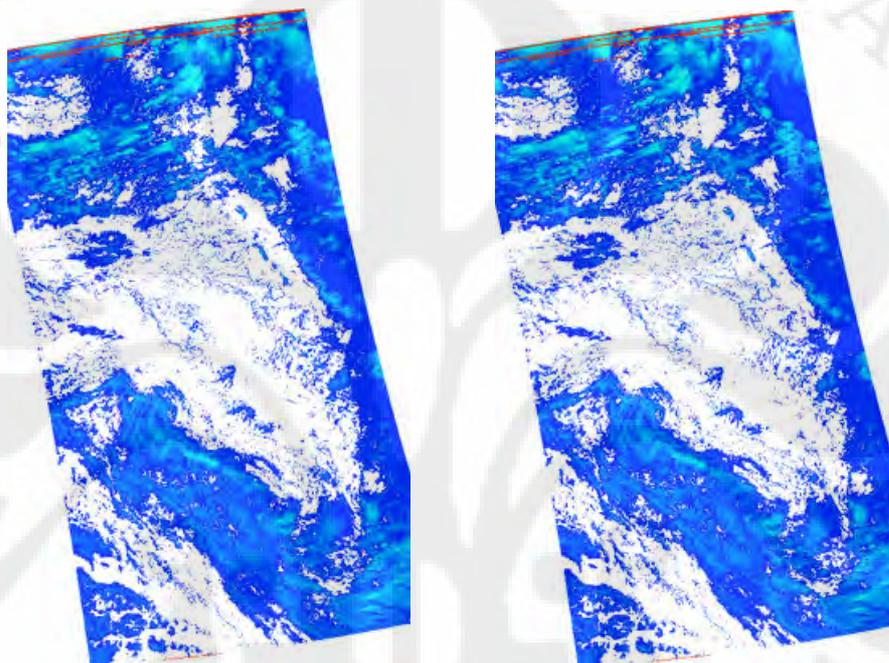
3.4.1. Menghitung Nilai Reflektansi

Proses ini akan mengubah nilai reflektansi yang masih dalam nilai digital menjadi nilai reflektansi. Proses ini dilakukan masing-masing untuk kanal 3, 10, dan 12. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai reflektansi.

$$ref_i = reflectance_scales_i * (SI_i - reflectance_offsets_i) \quad (3.1)$$

Di mana *reflectance_scales* dan *reflectance_offsets* adalah nilai atribut tersebut untuk masing-masing kanal (3, 10, 12), yang nilainya dapat dilihat pada atribut data MODIS level 1b (file hdf). Sedangkan SI_i adalah skala integer input kanal untuk masing-masing kanal, yang merupakan nilai *Digital Number*.

Hasil sebelum dan sesudah perhitungan nilai reflektansi dapat dilihat pada contoh citra, Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Contoh Citra Sebelum Kanal 3, Sebelum (a) dan Sesudah (b) Perhitungan Nilai Reflektansi

Dapat dilihat bahwa hasil sebelum dan sesudahnya terlihat sama, hanya saja jika dilihat nilai yang masukan sebenarnya (*actual input*), maka akan terlihat perbedaannya. Jika nilai sebelumnya berada di antara 0 – 65528, maka setelah dicari nilai reflektansinya menjadi berada di antara 0 – 2.17421904.

3.4.2. Pemisahan Awan Darat Laut

Proses ini bertujuan untuk memisahkan awan, darat dan laut dengan menggunakan *masking*. Karena yang akan kita olah untuk tahap selanjutnya adalah daerah laut yang tidak berawan saja untuk mencari kandungan klorofil. Proses pertama adalah *land masking*, yaitu pemisahan antara darat dan laut. Selanjutnya adalah *cloud masking*, yaitu pemisahan antara hasil pemisahan darat

Universitas Indonesia

dan laut dengan awan. Hasil akhir dari poses ini adalah data yang disebut Awan Darat Laut (ADL), yaitu daerah laut yang telah dipisahkan dari darat dan awan. Algoritma dari pemisahan awan darat dan laut adalah sebagai berikut:

```
# land masking
  if LSM = 1 or LSM = 2
    then 255
  else if LSM > 2 or LSM = 0
    then 100
  else Null
# cloud masking
  if LSM = 100 and B3 ≥ 0.174
    then 4
  else if LSM = 255 and B3 ≥ 0.2
    then 4
  else LSM
```

di mana LSM adalah layer *Land/Sea Mask*, B3 adalah nilai ref kanal 3, 255 adalah darat dan 100 adalah laut, dan 0.174 adalah batas awan (4) dari laut dan 0.2 adalah batas awan dari darat.

3.4.3. Menghitung nilai kandungan klorofil menggunakan formula

Proses terakhir ini adalah menerapkan formula yang didapat dari ATBD 19 untuk menghitung nilai kandungan klorofil dari data yang telah diproses sebelumnya. Proses ini melibatkan input dari ADL dan nilai reflektansi dari kanal 10 dan 12, ref_{10} dan ref_{12} . Berdasarkan rumus ATBD yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, maka rumus/algoritma untuk menghitung konsentrasi klorofil adalah sebagai berikut.

```

if ADL = 100

then


$$Chl = 10 \exp \left[ 0,2818 - 2,783 \left( \log \frac{ref10}{ref12} \right) + 1,863 \left( \log \frac{ref10}{ref12} \right)^2 - 2,387 \left( \log \frac{ref10}{ref12} \right)^3 \right]$$

(3.2)

else if ADL = 4
    then 0
else if ADL = 255
    then 255
else Null

```

di mana ADL adalah file hasil pemisahan awan darat dan laut, dan Chl adalah nilai konsentrasi klorofil yang kita inginkan. Sehingga langkah selanjutnya setelah mendapatkan nilai konsentrasi klorofil adalah untuk menyajikan atau menampilkannya dan untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut.

Semua proses di atas dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak untuk pengolahan data remote sensing dan satelit. Dan proses pengolahan data tersebut dilakukan terhadap data *single scene*. Sehingga didapatkan hasil pemetaan konsentrasi dalam satu wilayah dan waktu *single scene* tersebut.

Hasil pengolahan data-data *single scene* tersebut akan digunakan untuk melakukan analisa *multi scene* (multitemporal) dan analisa karakteristik dinamika perubahan konsentrasi klorofil di suatu daerah untuk beberapa tahun. Hasil dan analisa tersebut akan dijelaskan pada bab selanjutnya.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Bab ini akan memaparkan hasil percobaan dan analisisnya. Berdasarkan metodologi di atas, maka pertama dilakukan pengolahan data *single scene* terhadap sejumlah data. Selanjutnya akan diambil beberapa sample daerah atau titik dari tiap-tiap *scene* untuk dilakukan analisa *multi scene*. Dan terakhir akan dilihat bagaimana hasilnya dan analisisnya terhadap karakteristik dinamika perubahan konsentrasi klorofil di suatu daerah.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data MODIS level 1b yang didapatkan dari LAPAN. Data ini terdiri dari beberapa waktu dengan sebagian besar berada pada tahun 2008. Berikut ini adalah rincian sumber data yang digunakan (lihat Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Sumber Data yang Digunakan

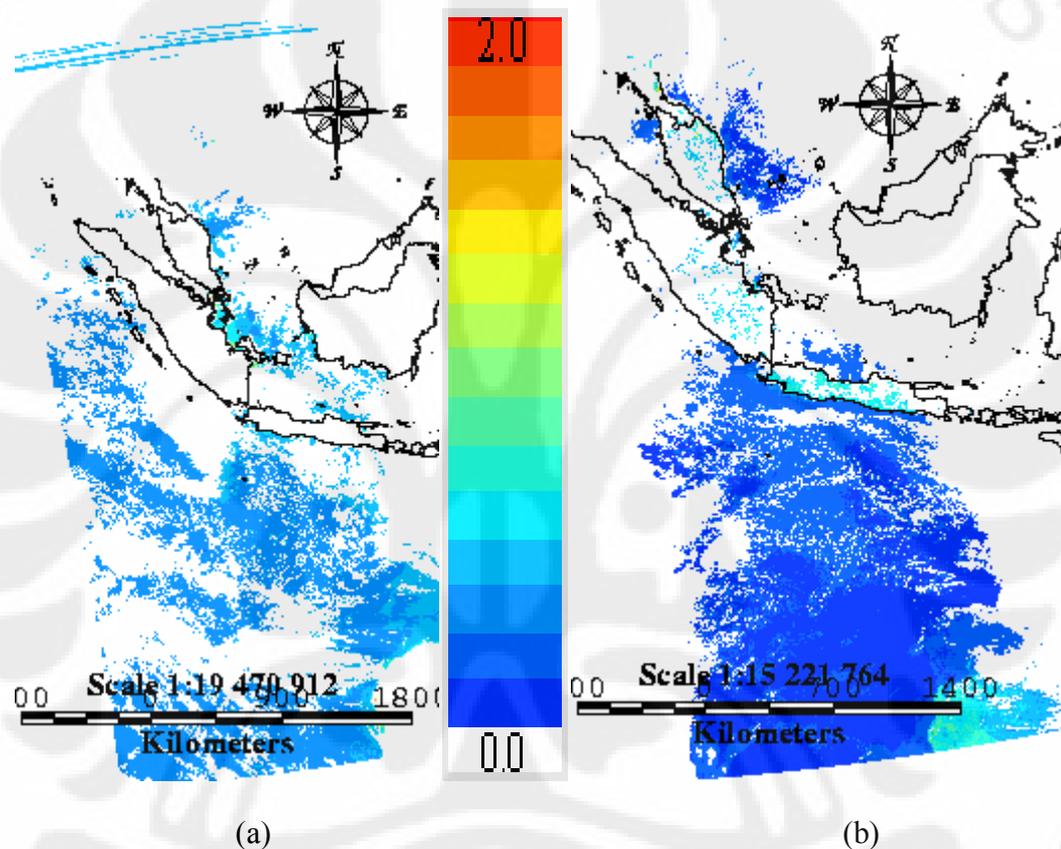
Tahun Data	Jumlah	Rincian Data
2008	48	0801161353MA, 0802251304MA, 0804121224MA, 0804160906MT, 0804181029MT, 0804231341MA, 0805021335MA, 0805081258MA, 0805100952MT, 0805120735MA, 0805221311MA, 0805300929MT, 0805311305MA, 0806011212MA, 0806051324MA, 0806071311MA, 0806131235MA, 0806171347MA, 0806231311MA, 0806251259MA, 0807011224MA, 0807081113MA, 0807140900MT, 0807161030MT, 0807191212MA, 0807191348MA, 0807271259MA, 0807311235MA, 0808031305MA, 0808041212MA, 0808061336MA, 0808121259MA, 0808180929MT, 0808261312MA, 0809021319MA, 0809070906MT, 0809150953MT, 0809221000MT, 0809250855MT, 0810081254MA, 0810171248MA, 0810231349MA, 0810250906MT, 0810270854MT, 0812041249MA, 0812091308MA, 0812161313MA, 0812251307MA

Data level 1b di atas diberikan penamaan dengan format dua digit pertama adalah tahun data, dua digit selanjutnya adalah bulan data, dua digit selanjutnya adalah tanggal data, empat digit selanjutnya adalah jam dan menit data, dan dua digit terakhir adalah sumber satelit data diambil (MA = MODIS Aqua dan MT =

MODIS Terra). Dari data-data pada Tabel 4.1 di atas, berikut adalah hasil dan analisa untuk *single scene* dan *multi scene*.

4.1 Hasil dan Analisa *Single scene*

Hasil pengolahan data dengan menggunakan langkah-langkat yang telah disebutkan dalam metodologi penelitian adalah hasil data untuk *single scene* atau satu data penuh pada satu waktu. Berikut ini adalah contoh hasil pengolahan data untuk *single scene*, yang diperlihatkan oleh Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Contoh Hasil Pengolahan Data *Single Scene*, Data MODIS 0805021335MA (a) dan 0806051324MA (b)

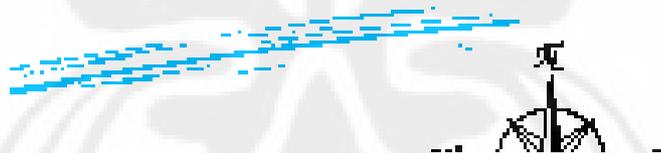
Dari hasil yang didapat pada Gambar 4.1 terlihat perbedaan hasil untuk konsentrasi klorofil yang rendah dan tinggi. Skala yang digunakan di atas berkisar antara 0 hingga 2 mg/m^3 , sesuai dengan range konsentrasi rata-rata yang biasa terdapat di Indonesia. Walaupun pada pengolahan nanti bisa saja ditemui hasil konsentrasi klorofil yang lebih dari 2 mg/m^3 . Dari hasil ini bisa diperkirakan

secara langsung daerah mana kira-kira yang memiliki konsentrasi klorofil yang tinggi, sehingga dapat dieksplorasi lebih jauh sebagai daerah yang kaya ikan.

Terkadang dalam hasil pengolahan didapatkan hasil yang tidak sesuai. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang paling besar pengaruhnya adalah faktor awan. Hal ini dapat menyebabkan data di bawahnya tidak terbaca dengan baik. Walaupun telah dilakukan *cloud masking*, namun masih memiliki efek yang dapat mengganggu perhitungan. Selain itu faktor lainnya adalah kerusakan data, biasanya terlihat sebagai garis-garis, sehingga disebut gangguan *stripped*. Pada bagian tersebut data tidak ditampilkan dengan benar. Jadi pada bagian data yang rusak tersebut akan menampilkan hasil yang tidak benar. Gambar 4.2 memperlihatkan contoh kerusakan pada data sebelum dan sesudah diolah.



(a)



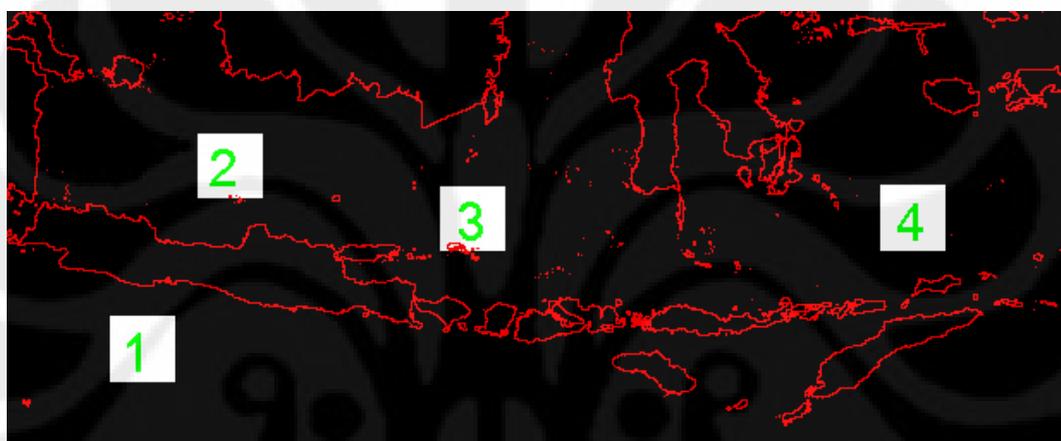
(b)

Gambar 4.2 Contoh Kerusakan Pada Data Sebelum (a) dan Sesudah Diolah (b)

Data hasil pengolahan di atas adalah data level 2, yang telah memiliki nilai klorofil. Namun data di atas dapat kita manfaatkan lebih jauh sehingga kita tidak hanya mengetahui nilai klorofil pada saat itu (tanggal data dihasilkan). Pada skripsi ini hasil pengolahan akan diolah lebih lanjut untuk mendapatkan suatu trend nilai konsentrasi klorofil di suatu daerah yang dipilih.

4.2 Hasil dan Analisa Multi Scene

Dari percobaan *single scene*, kemudian dilakukan analisa multi scene. Analisa ini dilakukan untuk data tahun 2008, dan pada beberapa area pengamatan di wilayah perairan Indonesia. Area yang akan diamati dalam percobaan ini berjumlah empat area. Pemilihan area ini didasarkan pada sampel yang merepresentasikan wilayah Indonesia bagian barat, tengah dan timur. Gambar 4.3 akan memperlihatkan lokasi area yang menjadi objek pengamatan dalam percobaan ini, serta lokasi lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*) area pengamatan ditunjukkan oleh Tabel 4.2.



Gambar 4.3 Lokasi 4 Area Pengamatan

Tabel 4.2 Lokasi Area Pengamatan

Area	Lintang	Bujur
1	8° 29' 46,76" – 10° 0' 0" Selatan	107° 30' 0" – 109° 0' 0" Timur
2	4° 17' 58,13" – 5° 48' 8,93" Selatan	109° 29' 57,63" – 111° 0' 8,43" Timur
3	5° 30' 0" – 7° 0' 0" Selatan	115° 0' 7,51" – 116° 30' 0" Timur
4	5° 30' 2,54" – 7° 0' 13,34" Selatan	125° 0' 12,56" – 126° 29' 50,96" Timur

Setelah menentukan area pengamatan, maka selanjutnya adalah menggunakan data MODIS level 2 yang telah memiliki nilai kandungan klorofil. Data yang ada pada Tabel 4.1 dipilih mana yang data scene-nya mencakup area-area tersebut. Dalam satu scene data bisa saja hanya mencakup 1, 2, 3, atau 4 area, atau tidak ada yang dicakup sama sekali. Hal ini karena wilayah *scanning* kedua satelit MODIS, Aqua dan Terra, berbeda untuk waktu yang berbeda.

Kemudian data MODIS level 2 tersebut dipotong (*crop*) sesuai dengan lokasi area-area tersebut. Hasil pemotongan tersebut kemudian dikumpulkan untuk masing-masing area, baru kemudian dihitung nilai statistiknya. Data yang digunakan pada pengolahan data adalah data MODIS pada tahun 2008. Kekurangan dari data ini adalah interval data yang tidak sama untuk semua area, dan ada beberapa bulan di mana data tidak ada sama sekali. Untuk keseluruhan data pada bulan Maret (bulan 3) dan November (bulan 11) tidak ada, karena kami tidak bisa mendapatkan data tersebut. Dan interval data yang diambil rata-rata berjarak sekitar 8 hari. Berikut ini adalah hasil nilai statistik untuk empat area daerah pengamatan.

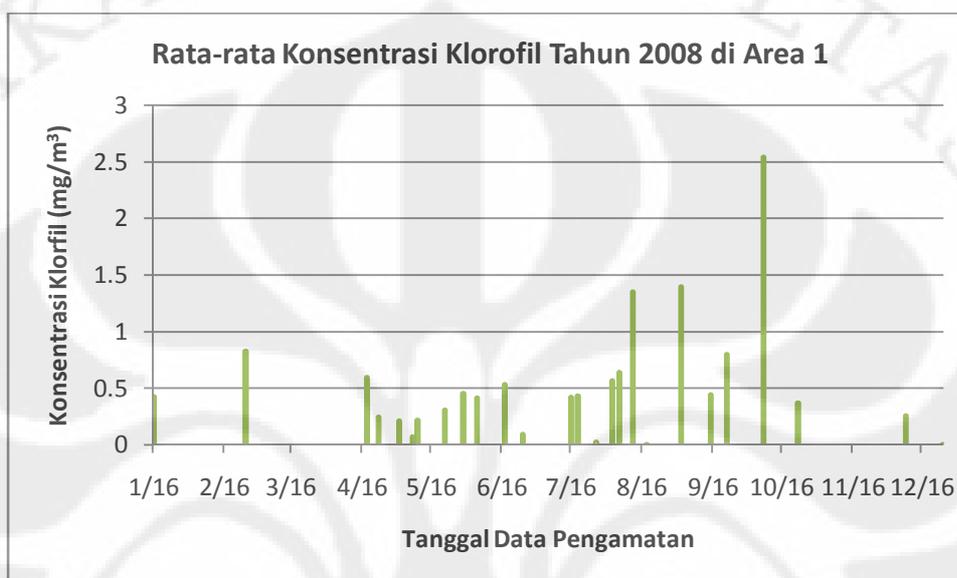
4.2.1 Data Statistik untuk Area 1

Dari data pada Tabel 4.1 ternyata didapatkan data untuk area 1 sebanyak 28 data. Kemudian data tersebut dicari nilai rata-ratanya, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 1

Data Pengamatan	Nilai Rata-rata Konsentrasi Klorofil (mg/m^3)
1/16	0.423
2/25	0.827
4/18	0.596
4/23	0.244
5/2	0.213
5/8	0.072
5/10	0.218
5/22	0.308
5/30	0.456
6/5	0.414
6/17	0.533
6/25	0.091
7/16	0.42
7/19	0.429
7/27	0.024
8/3	0.566
8/6	0.639
8/12	1.352
8/18	0.003
8/26	0
9/2	1.395

9/15	0.442
9/22	0.8
10/8	2.541
10/23	0.368
12/9	0.257
12/25	0.001



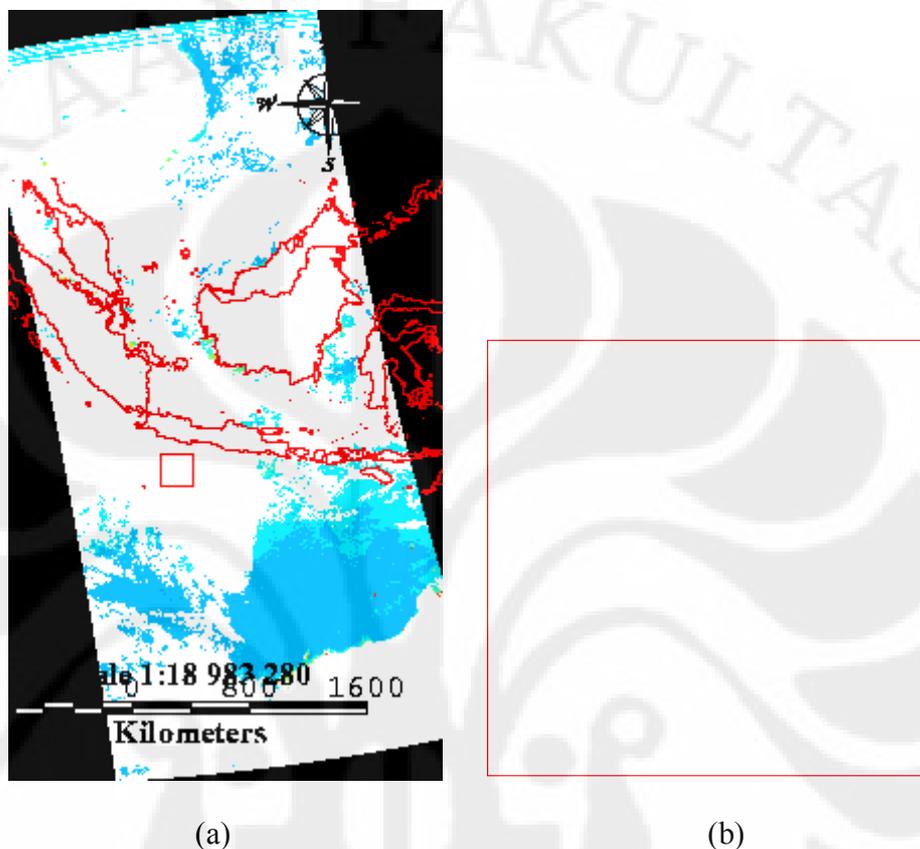
Gambar 4.4 Grafik Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 1

Dari hasil pengamatan untuk area 1 atau daerah laut selatan pulau Jawa, dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi di sepanjang tahun 2008 memiliki trend naik turun. Nilai maksimum di area 1 yaitu 2.541 mg/m³ terjadi pada 8/10/2008. Di sekitar bulan tersebut ternyata konsentrasi klorofil sangat tinggi. Salah satu faktor penyebab yang sangat berpengaruh terhadap konsentrasi klorofil adalah nilai faktor musim. Adanya poses penaikan air laut atau yang lebih dikenal dengan *Upwelling*, sangat berpengaruh dalam tingkat produktivitas suatu perairan, karena zat hara yang berupa fosfat dan nitrat dari lapisan dalam terangkat ke atas sehingga lapisan permukaan mendapat tambahan nutrisi [14]. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menunjang pertumbuhan plankton, khususnya fitoplankton. Selain itu faktor curah hujan yang tinggi juga mempengaruhi konsentrasi klorofil fitoplankton.

Kemudian dari data tersebut juga didapatkan data yang mempunyai nilai 0, yaitu pada data 26/08/2008. Hal ini dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu karena

Universitas Indonesia

memang data pada area tersebut sangat kecil pada waktu itu, atau dapat juga karena adanya faktor awan yang menghalangi pembacaan data. Karena perhitungan nilai klorofil ini sangat peka terhadap liputan awan.



Gambar 4.5 Data 0808261312MA *Full Scene* (a) dan *Zooming Area 1* (b)

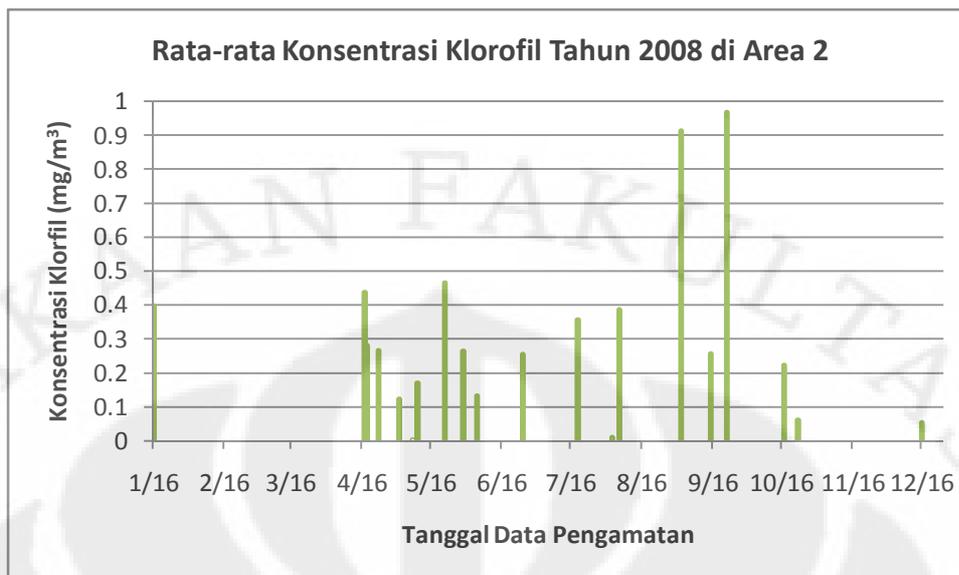
Gambar 4.5 memperlihatkan data 0808261312MA dan zooming pada area 1, yang menunjukkan bahwa nilai klorofilnya nol. Nilai ini juga didapat pada beberapa data berikutnya. Jika semua data tersebut dirata-ratakan dengan mengabaikan data yang bernilai nol maka akan didapat nilai rata-ratanya untuk area 1 adalah 0.524 mg/m^3 .

4.2.2 Data Statistik untuk Area 2

Dari data pada Tabel 4.1 didapatkan data untuk area 2 sebanyak 29 data. Kemudian data tersebut dicari nilai rata-ratanya, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.4 Nilai Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 2

Data Pengamatan	Nilai Rata-rata Konsentrasi Klorofil (mg/m ³)
1/16	0.398
2/25	0
4/17	0.438
4/18	0.28
4/23	0.266
5/2	0.123
5/8	0.003
5/10	0.17
5/22	0.466
5/30	0.264
6/5	0.132
6/17	0
6/25	0.255
7/19	0.357
7/27	0
8/3	0.01
8/6	0.386
8/18	0
8/26	0
9/2	0.914
9/15	0.256
9/22	0.967
10/8	0
10/17	0.223
10/23	0.06
12/4	0
12/9	0
12/16	0.054
12/25	0



Gambar 4.6 Grafik Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 2

Dari hasil pengamatan untuk area 2 atau daerah laut Jawa, dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi di sepanjang tahun 2008 juga memiliki trend naik turun. Nilai maksimum di area ini yaitu 0.967 mg/m^3 terjadi pada 22/9/2008.

Terdapat lagi beberapa data yang nilainya nol, yaitu berjumlah sembilan data. Penyebabnya sama pada area 1 yaitu akibat adanya penutupan awan atau nilai klorofil yang kecil sehingga mendekati nol. Sedangkan nilai rata-rata keseluruhan datanya adalah sebesar $0,301 \text{ mg/m}^3$.

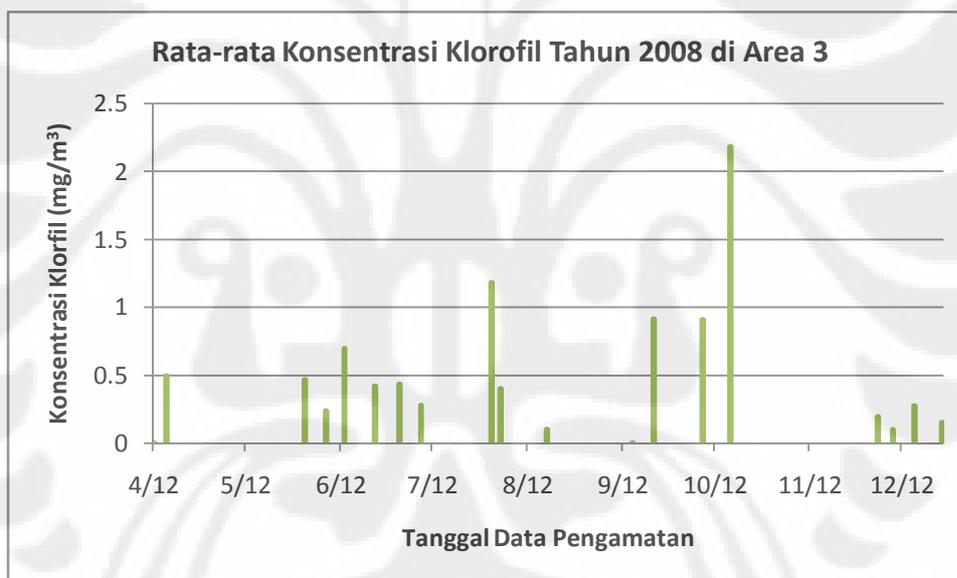
4.2.3 Data Statistik untuk Area 3

Dari data pada Tabel 4.1 didapatkan data untuk area 3 sebanyak 23 data. Kemudian data tersebut dicari nilai rata-ratanya, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.7.

Tabel 4.5 Nilai Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 3

Data Pengamatan	Nilai Rata-rata Konsentrasi Klorofil (mg/m ³)
4/12	0.002
4/16	0.497
5/12	0
5/31	0.467
6/7	0.235
6/13	0.697
6/23	0.42

7/1	0.432
7/8	0.279
7/31	1.181
8/3	0.402
8/18	0.101
8/26	0
9/7	0
9/15	0.001
9/22	0.916
10/8	0.908
10/17	2.186
10/25	0
12/4	0.195
12/9	0.098
12/16	0.274
12/25	0.153



Gambar 4.7 Grafik Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 3

Dari hasil pengamatan untuk area 3 atau daerah di bawah selat makasar, dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi di sepanjang tahun 2008 juga memiliki trend naik turun. Nilai maksimum di area ini yaitu 2.186 mg/m³ terjadi pada 17/10/2008. Data pada area ini hanya terdiri dari data mulai dari bulan April hingga Desember. Hasil nilai klorofil terbesar pada area 3, ternyata hampir sama seperti pada area 1 dan 2, yaitu terjadi pada bulan september.

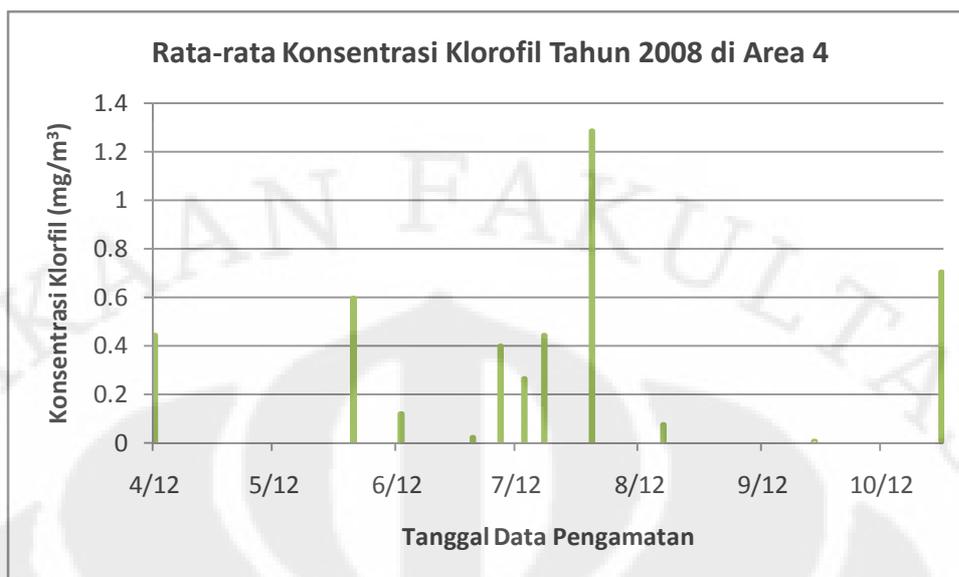
Sama seperti pada area sebelumnya, pada data area 3 terdapat 4 data bernilai nol. Sedangkan nilai rata-rata keseluruhan data adalah $0,437 \text{ mg/m}^3$.

4.2.4 Data Statistik untuk Area 4

Dari data pada Tabel 4.1 didapatkan data untuk area 4 sebanyak 16 data. Kemudian data tersebut dicari nilai rata-ratanya, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.6 Nilai Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 4

Data Pengamatan	Nilai Rata-rata Konsentrasi Klorofil (mg/m^3)
4/12	0.442
4/16	0
5/12	0
6/1	0.597
6/13	0.118
7/1	0.022
7/8	0.398
7/14	0.263
7/19	0.442
7/31	1.287
8/4	0
8/18	0.074
9/7	0
9/25	0.004
10/25	0
10/27	0.705



Gambar 4.8 Grafik Rata-Rata Konsentrasi Klorofil Tahun 2008 di Area 4

Dari hasil pengamatan untuk area 4 atau daerah laut Banda, hanya terdapat data dari bulan April hingga Oktober. Nilai maksimum di area ini yaitu 1.287 mg/m³ terjadi pada 17/10/2008. Hasil nilai klorofil terbesar pada area 4, terjadi pada 31/7/2008 atau akhir bulan juni. Data yang bernilai nol berjumlah 5 data, sedangkan nilai rata-rata keseluruhan data adalah sebesar 0,396 mg/m³.

Dari hasil pengolahan data di atas dapat dilihat nilai klorofil paling tinggi terjadi di wilayah atau area 1, yaitu di sebelah selatan laut Jawa, perairan samudera Hindia. Berarti di daerah tersebut merupakan daerah yang perairannya subur.

Kemudian dari data di atas juga dapat dilihat adanya beberapa kesamaan. Yang paling menonjol adalah bahwa nilai maksimum klorofil untuk area-area yang diamati di atas terjadi pada bulan Juni dan September. Hal ini sesuai dengan keadaan musim di Indonesia, di mana pada bulan tersebut terjadi musim angin timur. Karena faktor musim mempengaruhi arus laut, sehingga secara tidak langsung mempengaruhi pergerakan klorofil fitoplankton.

Arus laut yang berkembang pada saat perekaman citra dipengaruhi oleh musim pancaroba akhir tahun (Oktober sampai November). Arah arus laut ke barat lebih lemah kekuatannya, digantikan arah arus ke timur yang lebih kuat. Arus laut mengakibatkan pencampuran massa air yang mengangkut sejumlah zat

hara (nutrien) dan organisme yang ada dalam lapisan permukaan air tersebut. Organisme yang ikut terangkut pada pola arus salah satunya adalah fitoplankton. Selain mempengaruhi distribusi klorofil dan suhu permukaan laut, arus juga ikut andil dalam persebaran salinitas. Salinitas ikut mempengaruhi keberadaan fitoplankton karena salinitas mempunyai zat yang diperlukan untuk menunjang kehidupan fitoplankton. Salinitas dipengaruhi oleh pengenceran oleh run off dan penguapan [12].

Sesuai dengan analisa di atas, pada sekitar bulan-bulan antara juli-oktober konsentrasi klorofil mencapai nilai tertinggi di beberapa wilayah Indonesia. Perairan Indonesia yang dipengaruhi oleh sistem pola angin muson memiliki pola sirkulasi massa air yang berbeda dan bervariasi antara musim, disamping itu pula juga dipengaruhi oleh massa air Lautan Pasifik yang melintasi perairan Indonesia menuju Lautan Hindia melalui sistem arus lintas Indonesia (Arlindo). Sirkulasi massa air perairan Indonesia berbeda antara musim barat dan musim timur. Dimana pada musim barat, massa air umumnya mengalir ke arah timur perairan Indonesia, dan sebaliknya ketika musim timur berkembang dengan sempurna suplai massa air yang berasal dari daerah upwelling di Laut Arafura dan Laut Banda akan mengalir menuju perairan Indonesia bagian barat (Wyrtki, 1961). Perbedaan suplai massa air tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan terhadap kondisi perairan yang akhirnya mempengaruhi tinggi rendahnya produktivitas perairan [15].

BAB 5 KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan di atas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai konsentrasi klorofil pada daerah yang diliputi awan tidak dapat ditentukan, setelah perhitungan didapatkan nilai nol.
2. Dari beberapa wilayah Indonesia yang diamati, yaitu wilayah laut selatan Pulau Jawa (Area 1), Laut Jawa (Area 2), bagian bawah selat Malaka (Area 3), dan laut Banda (Area 4), didapatkan bahwa konsentrasi rata-rata klorofil selama periode 2008 masing-masing adalah 0.524 mg/m^3 , $0,301 \text{ mg/m}^3$, $0,437 \text{ mg/m}^3$, dan $0,396 \text{ mg/m}^3$. Sehingga konsentrasi tertinggi terdapat di wilayah laut selatan Jawa.
3. Konsentrasi klorofil tertinggi terdapat di bulan september-oktober pada wilayah pengamatan area 1, 2 dan 3, sedangkan pada area 4 terdapat di akhir bulan juni. Pada bulan-bulan tersebut adalah waktu terjadinya musim angin timur. Berarti faktor musim sangat mempengaruhi tingginya konsentrasi klorofil karena mempengaruhi pergerakan air.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Nicholas M. Short, Sr. (2008). *Remote Sensing Tutorial*. 4 Juni 2009. <http://rst.gsfc.nasa.gov/>
- [2] Lillesand, T.M dan R.W. Kiefer. (1979). *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley&Sons Inc.
- [3] Sutanto, prof., (1998). *Penginderaan jauh, Jilid I, Fakultas Geografi*. Gajah Mada University Press.
- [4] Estes, J.E. (1974). *Imaging with Photographic and Nonphotographic Sensor System, In: Remote Sensing Tehciques for Environtmental Analysis*. California: Hamilton Publishing Company.
- [5] Meurah, Cut, R. (2004). *Penginderaan Jauh*.
- [6] Lindgren, D.T. (2004). *Land use Planning and Remote Sensing*. Doldrecht: Martinus Nijhoff Publisher.
- [7] MODIS Website. 23 Maret 2009. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.html>
- [8] Carder, Kendall L., et al. (2003). *MODIS Ocean Science Team, Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) 19: Case 2 Chlorophyll a, Version 7*.
- [9] Wikipedia. 23 Maret 2009. <http://id.wikipedia.org/wiki/klorofil>
- [10] Nontji, A. (1973). *Kandungan klorofil pada fitoplankton laut*. Jakarta: Skripsi Fakultas Biologi Universitas Nasional.
- [11] Hutabarat, S. dan Evans, S.M. (1984). *Pengantar Oseanografi*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Pres).
- [12] Aini, Miftahuraifah Quratun. (2007). *Kajian Distribusi Potensi Fitoplankton Di Sebagian Laut Utara Jawa Menggunakan Citra MODIS*. Proceeding Geo-Marine Research Forum.
- [13] Sumijo Hadi Riyono. (2006). *Beberapa Metode Pengukuran Klorofil Fitoplankton di Laut*. Oseana, Volume XXXI, Nomor 3.
- [14] Yusuf, S.A., Sutomo, dan Sediadi, A. (1991). *Beberapa Catatan Tentang Kandungan Klorofil-A Fitoplankton di perairan Waisarisa, Pulau Seram*. LIPI.

[15] *Pentingnya Data Angin Untuk Perikanan*. 22 Juni 2009.

<http://www.alpensteel.com/article/55-111-artikel-non-energi/186-pentingnya-data-angin-untuk-perikanan.html>



Universitas Indonesia